Digitized by Google

Phys. g. 619 ≤ (1,1 Gehler
82

Digitized by Google

<36601791480018

<36601791480018

Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MÜNCHEN

Erster Band

A und B.

Mit Kupfertafeln I bis XXII

Leipzig,

bei E. B. Schwickert.

1825.

Digitized by Google

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Digitized by Google

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MÜNCHEN

Vorrede.

Nicht ohne einige Schüchternheit, aber zugleich mit inniger Freude über die Vollendung wenigstens eines Theiles unserer schwierigen Arbeit, und mit dem Bewufstseyn, alle uns mögliche Mühe und Anstrengung angewandt zu haben, übergeben wir hiermit dem Publicum den ersten Band des von uns versprochenen Wörterbuches der Physik. Wie weit unser Werk von der höchsten Vollendung entfernt sey, erkennt niemand besser als wir, aber auch niemand ist lebhafter von den unüberwindlichen Schwierigkeiten überzeugt, welche der Erreichung eines solchen Zieles entgegenstehen. Sachverständige werden das Eine wie das Andere zu würdigen wissen, und uns, wie wir hoffen, das Zeugnifs nicht versagen, dafs wir mindestens nicht ohne Nutzen zu stiften gearbeitet haben. Aufser dieser offenen und freien Aeufserung dürfen wir nur wenige Worte als nothwendige Erläuterung einiger wesentlicher Puncte vorausschicken.

Zuvörderst erscheint zwar der erste Band ein ganzes Jahr später, als wir uns anfangs vorgesetzt hatten; allein dieses liegt hauptsächlich in der lexikographischen Anordnung des Werkes und der daraus entspringenden Nothwendigkeit, dem Inhalte nach nahe verwandte Artikel gleichzeitig auszuarbeiten, desgleichen in dem Erfordernifs,

Digitized by Google

bei der Benutzung der literärischen Hülfsmittel die übernommenen Fächer im Ganzen gleichzeitig zu berücksichtigen. Dabei ist es aber unser fester Vorsatz, von nun an wo möglich jede Messe einen Band folgen zu lassen, weil wir selbst lebhaft fühlen, wie wichtig es sey, dafs die einzelnen Theile des Werkes die rasch fortschreitende Wissenschaft in innerer Uebereinstimmung und einem nicht zu weit ausgedehnten Zeitraume angemessen darstellen. Dafs dieser Band nur die zwei Buchstaben A und B umfafst, bedarf keiner Entschuldigung; denn ein vorher gemachter Ueberschlag ergab, dafs diese beiden mehr als ein Achtel des Ganzen ausmachen, wie denn auch die ersten fünf Buchstaben des Alphabetes nach einem Blicke in das alte Gehlersche Wörterbuch mehr als den vierten Theil desselben betragen. Wir hoffen also im Ganzen den in der Ankündigung festgesetzten Umfang von acht Bänden nicht zu überschreiten.

Inzwischen führt dieses zu einer andern Frage, nämlich über die Vollständigkeit des Inhaltes. In dieser Hinsicht wird es unmöglich seyn, die Wünsche aller zu befriedigen, weil sie selbst nicht miteinander übereinstimmen, und auch nicht übereinstimmen können. Die meisten zu unserer Kenntnifs gekommenen Aeufserungen aber gingen dahin, dafs es am besten sey, einige Bogen mehr nicht zu scheuen, und lieber das Alte neben dem Neuen, das Brauchbare neben dem Nothwendigen aufzunehmen, selbst auch falsche Ansichten und Behauptungen mindestens kurz anzudeuten, wenn sie einmal Aufsehen erregt haben; alles aber kritisch zu prüfen und nur nach Gründen zu verwerfen oder zu billigen. In den eigentlich physikali-

Digitized by Google

schen Theilen mufs das Werk daher einen gewissen Grad der Vollständigkeit haben, um eine Uebersicht des Ganzen und eine sichere Grundlage zu gewähren, auf welcher künftige Forscher weiter bauen können, ohne zu oft in den Fall zu kommen, für neu erfunden zu halten, was unlängst nach näherer Prüfung als irrig erwiesen ist. Wir haben uns daher durch die Schwierigkeiten des Sammelns in der aufserordentlich reichhaltigen Literatur nicht abhalten lassen, so weit es in unsern Kräften stand, und die Hülfsmittel reichten, von den zur Physik eigentlich gehörigen Gegenständen nichts Bedeutendes zu übergehen, zugleich auch in solchen Artikeln, welche ein grofses Publicum interessiren, als Aräometer, Barometer, Blitz, Blitzableiter u. a. möglichst vollständig zu seyn, aus den Hülfswissenschaften aber, unserer Ankündigung gemäfs, nur das Wesentlichste zu berücksichtigen. Dabei müssen wir dem Herrn Verleger das Zeugnifs geben, dafs er den Aufwand der weit über den gemachten Anschlag sich belaufenden Kosten nicht gescheuet hat, um auch seinerseits dem Werke hauptsächlich in Beziehung auf die zahlreichen Kupfertafeln eine gröfsere äufsere Vollendung zu geben.

Aus dem alten Wörterbuche Gehlers haben wir das Brauchbare, hauptsächlich was zum Geschichtlichen der Wissenschaft gehört, beibehalten, mit Weglassung des Veralteten und Unrichtigen, vorzüglich in den chemischen Artikeln. Indefs dürfen wir doch unsere Arbeit füglich eine durchaus neue nennen. Andere Wörterbücher, als namentlich das von Fischer, Hutton, die Encyclopédie Méthodique, die Cyclopaedia von Rees u. a. sind von uns

Digitized by Google

allerdings benutzt, aber nur als Hülfsmittel zum Auffinden der Quellen und als Anleitungen zur Bestimmung der richtigen Grenzen und der besten Methode. Wo es möglich war, haben wir die Quellen selbst nachgesehen, hauptsächlich bei allen bedeutenden Untersuchungen, und die Autoritäten gewissenhaft angegeben, meistens einzeln bei jeder wichtigen Sache, damit der Leser das Gesagte controliren könne, wenn es ihm zweifelhaft oder mit seinen Ansichten unvereinbar dünkt. Zugleich ist jedes Hauptwerk mindestens einmal an der geeigneten Stelle mit seinem vollständigen Titel angegeben, um dem, die Wissenschaft Studirenden, neben der Kenntnifs der Sachen auch eine Uebersicht der wichtigsten Literatur zu verschaffen. Beim wiederholten Citiren der nämlichen Schriften aber haben wir uns zur Ersparung des Raumes Abkürzungen erlaubt, welche sich leicht errathen lassen. Namentlich sind die zahlreichen Zeitschriften und Abhandlungen gelehrter Gesellschaften nur kurz bezeichnet. So sind die reichhaltigen Gilbert's Annalen der Physik schlechthin durch G., das Journal de Physique, Chimie et d'Histoire naturelle durch J. de P., die Annales de Chimie et de Physique durch Ann. de Ch. et P., und die übrigen mit ähnlichen Abkürzungen citirt, welche von selbst verstanden werden, die Ueberschriften der einzelnen Abhandlungen in den Zeitschriften herzusetzen schien uns aber unnütze Verschwendung des Raumes. Was in allen oder in den meisten besseren Handbüchern auf gleiche Weise enthalten ist, haben wir ohne Nachweisung einer Autorität mitgetheilt. Dafs endlich die Einrichtung der Kupfertafeln verstattet, sich aus diesen im Texte und

Digitized by Google

umgekehrt zu orientiren, wird man die Bequemlichkeit des Gebrauches sehr befördernd finden.

Bei der Bearbeitung der einzelnen Artikel haben wir uns bemühet, den Zusammenhang des Ganzen nicht aus den Augen zu verlieren, eine wegen der lexikographischen Form und der Vertheilung unter mehrere Mitarbeiter allerdings schwere Aufgabe; auch haben wir die vorliegenden Schwierigkeiten nicht weiter hinausgeschoben, um sie vielleicht nie anzugreifen, sondern was seiner Natur nach zur näheren und gründlichern Untersuchung kommen mufste, daran haben wir unsere Kräfte versucht, und werden dieses auch in der Folge thun, indem wir zugleich zwischen der zu ängstlich gehaltenen Form eines Wörterbuches und eines systematischen Werkes eine etwas mehr encyklopädische Bearbeitung wählten, dabei aber jederzeit auf verwandte Artikel verwiesen. Der Inhalt und die Art der Darstellung jedes einzelnen Artikels gehört demjenigen von uns eigenthümlich zu, mit dessen Namensbuchstaben derselbe unterzeichnet ist, obgleich wir classischen Arbeiten anderer, gewissenhaft von uns genannter, Schriftsteller mitunter genau gefolgt sind, weil wir uns für verpflichtet halten, unsern Lesern eher das Beste, als etwas uns Eigenthümliches, oder von uns absichtlich nur anders Geformtes mitzutheilen. Ein blofses Hinweisen auf die Quellen, zum weiteren Nachlesen, schien uns in Hauptsachen mit unserm Zwecke unvereinbar zu seyn, weil ein so ausführliches Werk die Anschaffung der zahlreichen physikalischen Schriften in vielen Fällen entbehrlich machen soll.

In wie weit es uns gelungen seyn mag, gerechte und billige Forderungen zu befriedigen, hier-

Digitized by Google

über dürfen wir die Urtheile um so ruhiger erwarten, je mehr uns jede Nachweisung eines Irrthums oder Angabe einer künftigen Verbesserung willkommen seyn wird. Unser Bestreben ist, ein so vollkommenes und in jeder Hinsicht brauchbares Werk zu liefern, als aus der gewissenhaftesten Anstrengung unserer Kräfte und besten Benutzung der uns zu Gebote stehenden Hülfsmittel hervorgehen kann. Was diesen Zweck befördern hilft, ist uns angenehm. Noch liegt eine fast unübersehbare Masse vor uns, noch ist nur der kleinste Theil des grofsen Unternehmens überwunden; gebe uns die Vorsehung Leben, Gesundheit und Kräfte, das Ganze in der gesetzten kurzen Frist glücklich und zur Zufriedenheit des Publicums zu beendigen!

In den Osterferien 1825.

Die Herausgeber.

Digitized by Google

Subscribenten - Verzeichnifs.

	Exempl.
Se. Hoheit der Prinz Ludwig von Hessen und bei Rhein . . . . . Schreibp.	1
Se. Durchlaucht der Prinz Maximilian von Wied Neuwied	1
Herr Abich, Bergrath in Schöningen	1
- S. Albach, Professor zu Raab	1
- Amelang, Buchhändler in Berlin . Schreibp.	1
Die Andräische Buchhandlung in Frankfurt a/m. .	2
Herr E. Anton, Buchhändler in Halle	3
- J. P. Bachem, Buchhändler in Cöln . . .	2
Schreibp.	1
- Baerecke, Buchhändler in Eisenach . .	1
- Bagge, Director der Musterschule in Frankfurt a/m.	1
- Barth, Buchhändler in Leipzig	2
Schreibp.	1
- Dr. Bartky in Lützen	1
- Basse, Buchhändler in Quedlinburg . . .	2
- Dr. Baumann auf Trebsen	1
- M. Beigel, Präceptor in Ravensburg . . .	1
- St. Benditsch, Doctor der Medicin u. k. k. Rath in Grätz. Schreibp.	1
Das Königl. Ober - Bergamt für die Preufs. Rheinprovinzen zu Bonn	1
Das Königl. Preufs. Bergamt in Düren	1
Herr P. Berlen, Oberamtmann in Herberstein. Schreibp.	1
Die Bibliothek des Königl. Preufsischen Gymnasiums in Saarbrücken	1
Die Bibliothek des Königl. Gymnasiums zu Bonn . .	1
Herr Dr. G. Bischof, Professor in Bonn. Schreibp.	1
- Dr. J. R. Bischoff, Professor in Prag . . .	1
- Dr. Blümner, Ober-Hof-Gerichtsrath zu Leipzig.	1
- v. Bockeren in Gröningen	3
- Böhmert, Pastor in Quesitz bei Leipzig . .	1
- Bohné, Buchhändler in Cassel	3

Digitized by Google

	Exempl.
Herrn Gebr. Borntträger, Buchhändler in Königsberg	3
Schreibp.	1
Herr F. Boselli, Buchhändler in Frankfurt a/m.	3
- Braun, Buchhändler in Carlsruhe	1
- Braunholz, Apotheker in Goslar	1
- Brendel, Maschinendirector in Freiberg	1
- Freih. v. Brenken in Erpeerenburg bei Paderborn.	1
- Bresztyensky, Adalbert, Prof. d. Math. zu Raab.	1
- Brummer, Buchhändler in Kopenhagen	4
Schreibp.	1
- Buff, Königl. Preufs. Bergmeister in Meschede.	1
- Burchhardt, Buchhändler in Berlin	1
- K. Busch, Buchhändler in Altona	1
- Butzky, Pastor zu Sulau in Schlesien. Schreibp.	1
Die Calvesche Buchhandlung in Prag	4
Herr M. Camerer, Pfarrer in Botenheim	1
- Cochler, Apotheker in Tarnowitz in Oberschlesien.	1
Das Collegium Fridericianum in Königsberg. Schreibp.	1
Herr Cramer, Hof - Apotheker in Paderborn	1
- Craz & Gerlach, Buchhandlung in Freiberg	2
Die Creutzische Buchhandlung in Magdeburg	3
Die Crökersche Buchhandlung in Jena	2
Herr Maurus Czinär, Prof. zu Raab	1
- Graf. H. v. Dankelmann auf Gr. Peterwiz	1
Die Darnmann'sche Buchhandlung in Züllichau	2
Herr Dasse, Bergmeister in Hüttenrode	1
- Deubner, Buchhändler in Riga	7
- Dr. Diesterweg in Bonn	1
Die Dieterichsche Buchhandlung in Göttingen	1
Herr Diller, Professor in Dilingen	1
- Dr. Dirks, Physicus in Tondern	1
- Döring, Maschinenzeichner in Freiberg	1
- Hofrath Dratschmidt in Wien	1
- M. Drobisch, Privatdocent an der Universität zu Leipzig	1
- Dulk, Apotheker in Königsberg	1
- Ferd. Dümmler, Buchhändler in Berlin	3
- Duncker & Humblot, Buchhändler in Berlin	
Schreibp.	2

Digitized by Google

	Exempl.
Herr Dr. Ebers in Breslau	1
- Eggenberger, Buchhändler in Pesth	1
- P. W. Eichenberg, Buchhändler in Frankfurt a/m.	1
- W. Enders, Kunsthandlung in Prag	4
- Dr. Engler, Kreis-Physicus in Breslau	1
- Enslin, Buchhändler in Berlin	1
- Ernst, Buchhändler in Quedlinburg	2
- Rector Etzler in Breslau	1
- Hofrath Dr. Feder, Lehrer bei Ihrer Hoheit den Prinzen Ludwig und Karl von Hessen	1
Die Ferstl'sche Buchhandlung in Grätz	5
- Fleckeisensche Buchhandlung in Helmstädt	2
Herr Friedr. Fleischer, Buchhändler in Leipzig	1
- Gerh. Fleischer, Buchhändler in Leipzig	1
Die Flittnersche Buchhandlung in Frankfurt a/o	1
Herr J. Frank, Buchhändler in Brüssel	6
- F. Franckh, Buchhändler in Stuttgart	3
- Frommann, Buchhändler in Jena	1
- L. Graf v. Galler Domherr von Ollmütz in Grätz.	1
- Gassert, Buchhändler in Ansbach	1
- K. Gerold, Buchhändler in Wien	2
	Schreibp. 1
Die Gerstenbergsche Buchhandlung in Hildesheim	2
Herr Gläser, Buchhändler in Gotha	3
- Dr. Gloker in Breslau	1
- Chr. Gmelin, Prof. med. in Tübingen	1
- F. von Gmelin, Prof. med. in Tübingen	1
- Gosohorsky, Buchhändler in Breslau	2
- W. Gräff, Buchhändler in St. Petersburg	6
	Schreibp. 2
- Gräser, Bergdirector in Eschweiler	1
- L. Gröber, Professor zu Raab	1
- K. Groos, Buchhändler in Heidelberg	5
- Pater Magnobonus Grünes, Prior der barmherzigen Brüder in Grätz	1
- Guilhauman, Buchhändler in Frankfurt a/m	1
Die neue Günthersche Buchhandlung in Glogau	1
	Schreibp. 1

Digitized by Google

	Exempl.
Die Gyldendalsche Buchhandlung in Kopenhagen .	2
Die Härtersche Buchhandlung in Wien	1
Schreibp.	1
Die Hahnsche Hof-Buchhandlung in Hannover .	20
Schreibp.	2
Herr Medicinalrath Dr. Hancke, Ritter des eisernen Kreuzes in Breslau	1
- Hane, Buchhändler in Stargard	1
- Hartenfeld, Mechanicus in Naumburg . .	1
- Hartleben, Buchhändler in Pesth . . .	4
- Hartmann, Buchhändler in Leipzig . . .	1
- Hartmann, Buchhändler in Riga	5
- J. Hassenbauer, Haupt-Münz-Amts-Actuar in Wien	1
- Hayn, Buchhändler in Berlin	1
- Heinrichshofen, Buchhändler in Magdeburg.	2
Schreibp.	1
Die Heinsius'sche Buchhandlung in Gera . . .	1
Herr F. A. Helm, Buchhändler in Halberstadt . .	1
Die Helwingsche Hof-Buchhandlung in Hannover.	2
Herr Hemmerde & Schwetschke, Buchhändler in Halle	9
- Dr. Henschel in Breslau	1
- L. Herbig, Buchhändler in Leipzig . . .	2
- Herold & Wahlstab, Buchhändler in Lüneburg.	1
- Ch. A. Herrmann, Prof. und Gymnasial-Oberlehrer in Aachen	1
- Heubner, Buchhändler in Wien	12
- J. W. Heyer, Buchhändler in Darmstadt . .	2
- Heyland, Studiosus in Kiel	1
- Hoffmann & Campe, Buchhändler in Hamburg.	6
Schrbp.	2
Die Hoffmannsche Buchhandlung in Weimar . .	2
- Holzhausen, Maschinen-Inspector in Tarnowitz in Oberschlesien	1
- Horvath, Buchhändler in Potsdam . . .	1
- Huber & Comp. Buchhändler in St. Gallen .	1
- A. Hülfse, Salzverwalter in Leipzig . . .	1

Digitized by Google

	Exempl.
Herr Phil. Hülfse, Salzverwalter in Kötschau	1
- M. Hutter Can. Regul. Praemonstrat. Hofmeister des Grafen C. v. Barthyany in Grätz	1
- J. Jaeckel, Oberbeamter des Ziementirungsamtes der k.k. Haupt- und Residenzstadt Wien. Schrbp.	1
Die Jägersche Buchhandlung in Frankfurt a/m.	1
Herr Dr. Jensen in Altona	1
- E. Juhn, Apotheker d. Z. in Leipzig. Schrbp.	1
- C. Iwrassek, Hofrichter in Kloster Neuburg	1
- J. Kaiser, Hörer der Physik und höhern Math. am k. k. polytechnischen Institute zu Wien. Schrbp.	1
- W. Kaiser, Buchhändler in Bremen	3
- Kalette, Professor in Bromberg	1
- Keller, Apotheker zu Bonn	1
- Stadtrath Kessel in Königsberg	1
Die Keysersche Buchhandlung in Erfurt	2
Herr G. Kilian, Buchhändler in Pesth	2
Schrbp.	1
- Kirkerup, Apothekergehülfe in Altona	1
- Knode, Buchhändler in Aschaffenburg	1
Schrbp.	1
- C. Königshofer, Herrschaft-Inhaber in Grätz.	1
- J. J. Koritschnyak, Chorherr des Prämonstratenser-Ordens etc. in Pesth	1
- Körner, Buchhändler in Frankfurt a/m.	1
- W. G. Korn, Buchhändler in Breslau	3
- P. Kowarz in Wien	1
- J. Kraufs, Buchhändler in Prag	5
- C. F. Kretschmar, Lehr. d. Math. in Halberstadt.	1
- P. Krüll, Buchhändler in Landshut	3
- Freiherr von Krusenstern, Rufs. Kais. Admiral in St. Petersburg	1
- Kuhlmey, Buchhändler in Liegnitz	1
- Kuhn & Millikowski, Buchhändler in Lemberg.	2
Schrbp.	1
- Kümmel, Buchhändler in Halle	2
- P. G. Kummer, Buchhändler in Leipzig	1
- G. A. Kummer, Buchhändler in Zerbst	1

Digitized by Google

	Exempl.
Herr Kupferberg, Buchhändler in Mainz	1
– M. Kutsera, Prof. zu Raab	1
– J. Landes, Buchhändler in Prefsburg	2
– Dr. Languth in Gerditz bei Delitsch	Schrbp. 1
– Laupp, Buchhändler in Tübingen	1
– Lehmann, Apotheker in Creuzburg	1
– Professor Lenzinger in Coblenz	1
– Lincke in Gothenburg	2
Die Lindauersche Buchhandl. in München	4
Herr Major von Lindner, für die Bibliothek des k. k. Bombardeur-Corps in Wien	1
– Löbeneck, Prof. in Prag	1
– Lohde, Buchhändler in Danzig	1
– S. & J. Luchtmans Buchhandlung in Leyden	10
– Lucius, Buchhändler in Braunschweig	1
Die Luckhardsche Buchhandl. in Cassel	1
Edler von Lusek, k. k. Hauptmann zu Pilsen	1
Edler von Lusek, Forstmeister zu Rosenthal in Böhmen	1
Herr B. Maár, Prof. zu Raab	1
– Mandel, k. k. Feldkriegs-Secretair in Grätz	1
– A. Mann, Prof. zu Raab	1
– Marcus, Buchhändler in Bonn	1
– Markiewicz, Prof. in Cracau	1
– Fr. Martens, Apotheker d. Z. in Leipzig	1
– Mauch, Mechanicus in Cöln	1
Die Maurersche Buchhandlung in Berlin	2
Herr Mauritius, Buchhändler in Greifswald	1
– Max & Comp. Buchhändler in Breslau.	4
Herr J. A. Mayer, Buchhändler in Aachen	4
Die Mayrsche Buchhandlung in Salzburg	2
	Schrbp. 1
Herr Melms, Professor in Greifswald	1
Die Metzlersche Buchhandlung in Stuttgart	4
Herr Meusel & Sohn, Buchhändler in Coburg	1
– Lieut. Meyer von der reitenden Artillerie in Breslau	1

Digitized by Google

	Exempl.
Herr F. A. Meyer, Buchhändler in Abo	1
– Meyer, Buchhändler in Braunschweig	2
Die Meyersche Hofbuchhandlung in Lemgo	3
Die Millersche Buchhandlung in Grätz	2
Herr Dr. Mogalla, Regierungs- und Medicinal-Rath, und Ritter des eisernen Kreuzes in Breslau	1
– J. Mondl, k. k. Hauptmann in der Armee in Grätz	1
– Professor Ritter von Mons, in Löwen	1
– Mörschner & Jasper, Buchhändler in Wien	1
	Schrbp. 1
– Mühlvenzel, Professor zu Gitschin in Böhmen	1
– Müller & Comp. Buchhändler in Amsterdam	4
– Nagel, Stud. theolog. im Seminar zu Tübingen	1
– Nauck's Buchhandlung in Berlin	1
– Wenzel Nechuta in Wien	1
– Dr. Neuhold, Hof- und Gerichtsadvocat in Grätz,	Schrbp. 1
– Neukirch, Buchhändler in Basel	1
Die Nicolaische Buchhandlung in Berlin	7
Herr Dr. Nizze, Conrector in Stralsund	1
– L. Oehmigke, Buchhändler in Berlin	3
– Dr. Ohm, Professor in Cöln	1
– Orcier, Studiosus in Leipzig	1
– Osiander, Buchhändler in Tübingen	6
– A. Oswald, Universitäts-Buchhändler in Heidelberg	3
– Staatsrath Parrot in Dorpat	1
– Perthes & Besser, Buchhändler in Hamburg	12
	Schreibp. 2
– Dr. Peters in Anclam	1
– C. G. Pfaff, Buchhändler in Lemberg	1
	Schreibp. 1
– Polek, Apotheker in Neisse	1
– Polex, Apotheker in Eupen	1
– Dr. v. Portenschlag in Wien.	1
– Professor Pukinje in Breslau	1

Digitized by Google

	Exempl.
Herr Hofsecretär Reichetzer in Wien	1
– Riecke, Professor in Tübingen	1
– Ritter, Factor zu Wilhelmshütte	1
– Rohde, Professor in Breslau	1
– Dr. Rommershausen in Acken	1
– Rubach, Buchhändler in Magdeburg	1
– Friedr. Ruff, Buchhändler in Halle	3
– Sachs, Professor in Königsberg	1
– Sandhagen, Apotheker in Lüchow	1
– J. D. Sauerländer, Buchhändler in Frankfurt a/m	2
– H. R. Sauerländer, Buchhändler in Aarau	2
– P. Schalbacher in Wien	17
	Schrbp. 1
– Schaub, Buchhändler in Elberfeld	2
– Schaumburg & Comp. Buchhändler in Wien	3
Die Scherzesche Buchhandlung in Schwelm	1
Herr Not. von Scheik Genootschop de Deventer in Lingen	1
– Scheuchler, Bergmeister in Freiberg	1
– J. Schitko, k. k. Bergrath und Professor zu Schemnitz in Ungarn	Schrbp. 1
Die Schnuphasesche Buchhandl. in Altenburg	1
Die Schönianische Buchhandlung in Elberfeld	2
Die Schulbuchhandlung in Braunschweig	1
	Schrbp. 1
Herr Schulze, Buchhändler in Oldenburg	3
– Schütz, Apotheker in Breslau	1
– B. Schwarzenbrunner, Professor am Lyceum des Stiftes zu Kremsmünster	1
– A. Schwickert, auf Quesitz	1
– Seidenstücker, Bergsyndicus in Clausthal	1
– W. Seiffensieder, Apotheker zu Gitschin in Böhmen	1
– Siemsen, Apotheker in Altona	1
– J. Sigmund, Buchhändler in Klagefurth	1
– Skoda in Schwartzkosteletz	1
– Speyer, Buchhändler in Arolsen	1
– Sprenger, Commissions-Rath in Jever	1

Digitized by Google

	Exempl.
Herr W. Starke, Buchhändler in Chemnitz	2
- Dr. Stecher, Stadtschultheiss zu Biberach	1
- Stein, Buhhändler in Nürnberg	1
Die Steinerische Buchhandlung in Winterthur	1
Herr Stiewer, Oberlieutenant in Königsberg	1
- Stiller, Buchhändler in Rostock	5
	Schrbp. 1
- F. Stremeyer, k. k. Feldapotheken-Beamter in Grätz	1
- J. P. Streng, Buchhändler in Frankfurt a/m	1
- Strube, Apotheker in Altona	1
- Sülpke, Buchhändler in Amsterdam	3
Se. Excellenz Ignatz Freyherr v. Szepessy, Bischof von Siebenbürgen etc. in Klausenberg	1
Herr M. Tauber, Inhaber e. oculistischen Instituts zu Leipzig	1
- Tendler & v. Manstein, Buchhändler in Wien	1
Die Theissingsche Buchhandlung in Münster	1
Herr Thielo, Professor in Frankfurt a/m	1
- Tiemann, Inspektor zu Wilhelmshütte	1
- G. S. Tillberg, Professor in Greifswald	1
- F. Tomantschger, k. k. pensionirter Major in Grätz Schrbp.	1
- Treuttel & Würtz, Buchhändler in Strafsburg	2
- J. N. Trost in Wien Schreibp.	1
- Dr. Tuchen, Apotheker in Naumburg	1
- E. Tufsil, Prof. zu Raab	1
- T. Uhlmann, Buchhändler in Amberg	1
Die Universitäts-Bibliothek zu Greifswald	1
Herr Unzer, Buchhändler in Königsberg	6
- Vandenhöck & Ruprecht, Buchhändler in Göttingen	8
- Varnhagen, Buchhändler in Schmalkaldeu	1
- Volcke, Buchhändler in Haag	1
- Volke, Buchhändler in Wien	1
Die Wagnersche Buchhandlung in Dresden	1
Die Wagnersche Buchhandlung in Freiburg	1
Herr Wallishauser, Buchhändler in Wien	4

Digitized by Google

	Exempl.
Herr Dr. Weber, Professor in Leipzig	2
– Weber, Buchhändler in Bonn	1
– G. Wekerle, Prof. zu Raab	1
– J. Worle, Dr. der Medicin und Lehrer der Veterinair-Wissensch. am Lyceum zu Grätz	1
– J. Wefsely, Nieder Oestr. Landschafts-Cassirer in Wien	1
– Wienbrack, Buchhändler in Leipzig Schreibp.	1
– Wienhold, Cand. Theol. u. Lehrer an der Armenschule zu Leipzig	1
– Wigand, Buchhändler in Prefsburg	2
– Wigand, Buchhändler in Kaschau	2
– v. Wild, Registraturs-, Protocolls-, und Expedits-Adjunct in Wien	1
– Winter, Buchhändler in Heidelberg	3
– Wunder, Subrector in Wittenberg	1
– A. v. Wurmser, k. k. Staats-Buchhaltungs-Rechnungs-Offizial in Grätz	1
– Zabel, Apotheker in Gera	1
– Dr. Zedler, Kreis-Physikus in Oppeln	1
Die Zehesche Buchhandlung in Nürnberg	1
Herr Zeise, Apotheker in Altona	1
– Ziegler & Söhne, Buchhändler in Zürich	2
– Zobel, Buchhändler in Görlitz	1

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

I. Band.

A und B.

Digitized by Google

Digitized by Google

A.

Abenddämmerung. s. Dämmerung.
Abendgegend. s. Weltgegend.

Abendpunct.

Westpunct; *Occidens;* Occident; couchant; ouest; *West.* Derjenige Punct des Horizonts, welcher 90 Grade vom Meridian entfernt, dem nach Süden sehenden Beobachter *rechts* liegt. Est ist einer der vier Hauptpuncte (Cardinalpuncte) des Horizonts. Er liegt da, wo der Aequator in den Horizont einschneidet, und zwar an der Seite, wo die Gestirne untergehn. An den Tagen der Nachtgleichen geht die Sonne im Abendpuncte unter, dagegen während der Sommermonate nordwärts, während der Wintermonate südwärts von ihm entfernt, wie es im Art. *Abendweite* angegeben ist. Die Puncte, wo die Sonne am längsten und kürzesten Tage untergeht, sind von Einigen mit den Namen *Sommer-Abendpunct und Winter-Abendpunct* (Occident d'été, Occident d'hivèr) belegt worden. Die Gegend um den Abendpunct heifst daher die *Abendgegend, die westliche Himmelsgegend*, und jeder Gegenstand, der an dieser Seite des Meridians liegt, wird als gegen Abend zu liegend, angegeben. *B.*

Abendröthe.

Abendroth; *Rubor coeli vespertinus; Redneſs at Sunset.* Die Abendröthe zeigt sich bekanntlich als ein orangegelber, feuerfarbner, bald mehr in Roth bald mehr in Gelb übergehender, oft auch fast weifser Glanz am Abendhimmel kurz vor, und besonders nach dem Untergange der Sonne. Ihre Erscheinungen sind so mannigfaltig, und hängen von so veränderlichen Umständen ab, dafs es unmöglich ist, sie vollständig zu beschreiben, und von der

Digitized by Google

Pracht ihres wechselnden Glanzes und Farbenspieles durch Worte einen deutlichen Begriff zu geben.

Man kann die Abendröthe theils in optischer, theils in meteorologischer Beziehung betrachten. Was in jener Beziehung von der Abendröthe gilt, läfst sich auch auf die *Morgenröthe* anwenden; dagegen scheinen die Vorbedeutungen der Witterung bei der Morgenröthe andre zu seyn, als bei der Abendröthe.

Optische Betrachtungen.

Das Feuerroth der Abendröthe ist offenbar die Ergänzungsfarbe zum Blau des Himmels, und die Entstehung beider Farben mufs also ohne Zweifel in einem Zusammenhange stehen; ich werde hier die Erklärung über die Entstehung beider mittheilen, die mir als die wahrscheinlichste vorkömmt, und zeigen, wie fast alle Erscheinungen der Abendröthe diese Erklärung zu bestätigen scheinen.

Die auf die Atmosphäre auffallenden Lichtstrahlen werden zwar zum aller gröfsesten Theile von ihr durchgelassen; aber viele werden auch zurückgeworfen und deshalb sehen wir das wolkenlose Himmelsgewölbe als glänzend hell; — diesem zurückgeworfnen Lichte verdanken wir die allgemeine Tageshelle, da ohne sie alles, was im Schatten liegt, selbst bei Sonnenschein fast als vollkommen dunkel erscheinen müfste, indem durch Zurückwerfung von den festen Gegenständen auf der Erde nur wenig Licht in diese beschatteten Orte gelangen würde [1]. Unter diesen reflectirten Strahlen haben die blauen bei weitem das Uebergewicht, denn der dunstfreie Himmel ist blau, statt dafs er weifs seyn würde, wenn alle Farbenstrahlen gleich gut zurückgeworfen würden, und wir schliefsen daher mit Recht, dafs die durchgelassenen Lichtstrahlen ein eben solches Uebermaafs an Feuerroth zeigen müssen, wie es die zurückgeworfenen an

1 Da nach *Lambert*, selbst von vertical auf die Oberfläche der Erde einfallenden Sonnenstrahlen, $\frac{1}{3}$, nach *Bouguer* wenigstens $\frac{1}{5}$ verloren geht, und dieser Verlust grofsen Theils von Zurückwerfungen herrührt, so läfst sich die Stärke der allgemeinen Tageshelle wohl erklären, wenn gleich lange nicht alles verlorne Licht auf diese Weise zur Erde zurückkömmt. *Lamberti Photometria.* p. 396.

Digitized by Google

Blau zeigen. Diese Folgerung kann als eine nothwendige angesehen werden; denn wenn zum Beispiel von tausend auffallenden Lichtstrahlen achthundert ungeändert durch die Atmosphäre hindurch gehen, hundert gänzlich zurückgeworfen werden, und von den übrigen hundert nur das Blau zurückgeworfen wird, so müssen die sämmtlichen durchgehenden Strahlen als etwas mehr ins Rothe fallend erscheinen, weil sich mit den achthundert weifsen Strahlen hundert mischen, die allein genommen den Eindruck eines reinen Orange auf das Auge machen würden.

Da die blauen und violetten Strahlen die am meisten brechbaren sind, so kann man auch sagen, dafs die am meisten brechbaren Strahlen in gröfserm Maafse von der Atmosphäre zurückgeworfen, die minder brechbaren in gröfserm Maafse durchgelassen werden.

Die ganz reine, von Dünsten freie Luft wirft verhältnifsmässig weniger weifses Licht zurück, und daher ist bei recht reiner Luft und auf hohen Bergen die Luft dunkelblau, obgleich gewifs nie die von da zu uns gelangenden Lichtstrahlen ohne alle Beimischung weifsen Lichtes sind. Die wässerigen Dünste dagegen werfen die Lichtstrahlen unzerlegt zurück und wir sehen daher den Himmel weifslich, wenn die Luft mit Dünsten erfüllt ist, und dieses ist gegen den Horizont hin vorzüglich der Fall, weil unsre Gesichtslinie da so weithin durch Dünste geht, dafs die von ihnen zurückgeworfenen Lichtstrahlen uns das Blau, welches die höheren Luftschichten zurückwerfen, fast ganz entziehen.

Aus diesen Betrachtungen läfst sich nicht nur übersehen, dafs das Abendroth als mit den von der Atmosphäre durchgelassenen Strahlen übereinstimmend anzusehen ist, sondern auch, dafs das dunklere oder weifslichere Blau des Himmels uns schon voraussagen kann, ob wir eine recht tief rothe, oder nur eine gelbe oder weifsliche Abendröthe zu erwarten haben. Ist nämlich die Luft bis zu der Wolkenregion hinauf mit vielen Dünsten erfüllt, so dafs der Himmel am Tage matt blau und weifslich erscheint, so kann auch die Abendröthe nicht schön seyn. Es ereignet sich nämlich dann beinahe das, was völlig eintreten würde, wenn die Atmosphäre

Digitized by Google

alle Lichtstrahlen gleich gut zurückwürfe: denn dann würde der Himmel vollkommen glänzend weifs erscheinen, aber auch die durchgelassenen Lichtstrahlen würden zwar geschwächt, aber farbenlos, weifs seyn [1].

Dagegen erscheint die Abendröthe in ihrer schönsten Pracht, wenn der Himmel recht tief blau ist, vorzüglich wenn dann einige einzelne Wolken von ihren Strahlen erleuchtet werden. Die Erscheinungen, die sich dann darbieten, will ich hier, so gut ich es kann, beschreiben [2]. Die Sonne zeigt sich, wenn der Himmel tief blau ist, beim Untergange sehr lichtvoll und nicht eben sehr roth. Dies erklärt sich daraus, weil selbst beim Untergange das Licht der Sonne nicht sehr geschwächt erscheint, also ein solches Uebermaafs weifser Strahlen vorhanden ist, dafs uns die Beimischung der feuerrothen Strahlen minder merklich wird, als es bey gleicher Menge rother und minderer Menge weifser Strahlen, der Fall seyn würde. — Schon vor Sonnen-Untergang zeigt sich der Himmel um den ganzen Horizont röthlich gelb, und diese Röthe nimmt bis kurz nach dem Untergange der Sonne am ganzen Horizonte zu. Die Dünste nämlich am Horizonte werfen das empfangene Licht ziemlich unverändert zurück, und so wie am Tage die Luft uns um den Horizont weifs erscheint, so mufs sie uns jetzt eben das gelbe oder röthliche Licht wie die Sonne selbst darbieten; aber ein noch mehr rothes Licht als die Sonne selbst, weil dieses reflectirte Licht bey seinem Durchgange durch die Luft abermals einen Theil seiner im Weifs noch enthaltenen blauen Strahlen verliert. Man bemerkt zuweilen, dafs im Osten der Horizont, oder eine dort stehende Wolke, schon roth erscheint, während er näher gegen die Sonne hin noch

1 So wie die leichten Federwolken am Tage von der Sonne beschienen ein fast silberweifses Licht zurückwerfen, und auch die durch sie durchblickende Sonne als silberweifs zeigen. Oder wie die wässerigen Nebel von der Sonne beschienen weifs erscheinen, und wenn man die Sonne durch sie in sehr geschwächtem Lichte sieht, diese einem silbernen Teller gleicht, und ohne alle Farbe ist.

2 Ich mufs dabei bemerken, dafs meine Beobachtungen der Abendröthe nur in der Ebne angestellt sind, und dafs Bergbewohner Manches besser angeben könnten.

Digitized by Google

gelb ist: — ohne Zweifel deswegen, weil in den um mehrere Meilen ostwärts liegenden Gegenden, deren Dünste wir dort erleuchtet sehen, die Sonne schon um etwas nicht unbedeutendes ($\frac{1}{2}$ Grad, 1 Grad, und mehr, je nachdem die dort gesehenen Wolken und Dünste entlegner sind,) niedriger steht, also röther ist, als da, wo die uns westlich stehenden Wolken sich befinden. Ist die Sonne untergegangen, so sieht man sehr oft einen leichten Purpur das ganze Blau des Himmels gleichsam überdecken, — offenbar ist dies das rothe Licht, welches die von der Sonne beschienenen Dünste, oder wie man oft deutlich sieht, die von ihr beschienenen zarten Wolkenfederchen, die in den höheren Gegenden der Luft schweben, zurückwerfen; dieses Licht ist röther als das der untergehenden Sonne selbst, weil nicht blofs die von der untergegangenen Sonne nach der Richtung CA kommenden Strahlen, um den Punct B zu erreichen, noch einmal die unteren Schichten der Atmosphäre durchlaufen müssen, sondern endlich nach der Zurückwerfung diese Schichten zum dritten Male durchlaufen, und dabei das ihnen beigemischte weifse Licht immer mehr verlieren. Wenn die Sonne tiefer unter den Horizont hinabsinkt, so wird zuerst der östliche Himmel dunkel, indem der Schatten der Erde sich kreisförmig begrenzt (obgleich sehr verwaschen) dort zeigt, während der übrige Himmel noch seinen zarten Purpur behält; der Glanz am westlichen Himmel geht aus dem Gelben mehr ins Rothe über, so wie es die nun auch jenen Gegenden untergehende Sonne bewirken mufs. Der recht glänzende Raum am Abendhimmel aber erstreckt sich, wenn keine Wolken dort stehen, nie sehr hoch, wovon der Grund leicht erhellt, da die Intensität des von den Dünsten zurückgeworfenen Lichtes nur dadurch, dafs unsere Gesichtslinie durch eine lange Strecke derselben geht, also nur am Horizonte erheblich seyn kann. Während nun bei immer tieferem Sinken der Sonne die Röthe am westlichen Horizont sich vermindert, zeigt sich der höhere Theil des Himmels wieder blau, so wie es auch mit dem im Erdschatten liegenden östlichen Segment schon früher der Fall war. Weil nämlich die den Beobachter A umgebenden Gegenden BC Fig. der niedrigen Schichten nun ganz im Schatten liegen, so sieht 2

Fig. 1

er das Himmelsgewölbe nur noch vermöge der vom höhern Puncte Dd zurückkommenden Lichtstrahlen erhellt; Dd aber erhält aufser den durch die tiefern Schichten durchgegangnen Strahlen ED, die allerdings rothes Licht dorthin bringen, auch Strahlen Fd, die fast ihr volles Licht dorthin bringen, und wird vorzüglich auch von dem blauen Glanze des Himmels in H erleuchtet, so dafs es uns nicht wundern darf, hier Blau zu sehen.

Am prachtvollsten zeigt sich die Abendröthe, wenn bei tief blauem Himmel einige Wolken am westlichen Himmel stehn. Sind diese von der Art der geschichteten Federwolken (Cirrostratus), so stellen sie sich vor Sonnen-Untergang meistens als hellgraue Streifen mit hellen Rändern dar, und erhalten nachher goldgelbe und endlich feuerrothe Ränder, während ihr im Schatten liegender Theil dunkelblau, oder wenn dieses Dunkelblau etwas von der rothen Erleuchtung der Hinterseite durchscheinen läfst, mit tiefem Purpur gefärbt erscheint. Hier ereignet es sich nun oft, dafs die scheinbar neben einander stehenden Wolken sich sehr ungleich zeigen, einige schon dunkel feuerroth, während andre danebenstehende noch gelb sind. Dafs dies von ihrer höheren oder tieferen Stellung in der Atmosphäre herrührt, ist nicht zu verkennen; denn theils zeigen sich die minder rothen, noch mehr weifs oder gelb erscheinenden Wolken, immer als sich zum Theil hinter den rötheren verbergend, theils erlangen auch sie etwas später die feuerrothe Farbe ganz so, wie es für höhere Gegenstände, denen die Sonne etwas später untergeht, der Fall seyn mufs. Stehen am Horizont dunkle Wolken, Haufenwolken oder Gewitterwolken, deren Farbe im Schatten ein schwarzes Blau ist, so sieht man diese zuweilen in einem tiefen, etwas trüben Purpurglanze, der offenbar eine Mischung des feurigen Abendroths mit dem natürlichen Dunkelblau der Wolke ist, und der vermuthlich dadurch entsteht, dafs die rothen, die Wolke durchdringenden Strahlen mit den zurückgeworfnen, vermöge welcher sie uns blau erscheinen würde, gemischt zum Auge gelangen.

Die Erscheinungen der Abendröthe bei weifslichem, matt blauem Himmel kann ich kürzer beschreiben. Ich

Digitized by Google

glaube nicht, dafs man bei solchem Himmel das Abendroth je in seinem vollen feuerrothen Glanze sehen wird, sondern ein, oft recht glänzendes, aber immer doch mehr weifsliches Gelb, und zuweilen ein trübes, gleichsam mit grauer Tinctur gemischtes Roth ist alles, was man an solchen Tagen erwarten darf. Ich habe schon bemerkt, dafs das freilich sehr geschwächte, aber seiner blauen Strahlen nur wenig mehr als der rothen und gelben beraubte Sonnenlicht uns eine solche weifsliche Abendröthe darstellen mufs.

Hierher gehört noch die von einigen Beobachtern angegebene Erscheinung eines Grün am Abendhimmel. Als Beobachter, die dieses erwähnen, kann ich folgende nennen: Pleischl, [1] der es als bei der Abendröthe nicht selten vorkommend, angiebt; ein Beobachter in München [2]; Vieth in Dessau, der in einer handschriftlichen Mittheilung eben das angiebt, und Muncke, der es gleichfalls öfter gesehen hat [3]. Ich will diese Erscheinung so beschreiben, wie ich sie selbst gesehen habe, und glaube hier zwei Erscheinungen unterscheiden zu müssen. Die eine ist nicht selten und zeigt sich bei weifslich blauem Himmel, wenn nach Sonnen-Untergang nur noch ein matter gelber Glanz am Abendhimmel sichtbar, höher hinauf aber das Blau des Himmels noch zu erkennen ist; den Uebergang von diesem Blau zum Gelb macht dann eine sehr weifsliche Färbung des Himmels, in der ein höchst mattes Grün durchzublicken scheint. Wieviel hierbei auf einer leicht erklärlichen Täuschung beruhen mag, (da das Auge ein Grün zu suchen gewohnt ist, wo ein Uebergang von Gelb zu blau statt findet,) kann ich nicht ganz entscheiden; aber es giebt wenigstens Fälle, wo man den Eindruck nicht wegleugnen kann, dafs hier das Gelb und Blau, wie in einander verwaschene Tincturen, einen grünlichen Uebergang bilden, obgleich so mit Weifs

1 *Schweiggers J.* XXXIII. 227.

2 Allgem. Zeitung 1818. No. 55.

3 *Schweig. J.* XXX. 85. Auch in den Meteororol. Beob. welche monatl. der Schlesischen Gesellschaft von ihren Mitgliedern zugesandt werden, finde ich einmal den Himmel als „apfelgrün" angegeben.

Endl. spricht auch *Th. Forster* von einem *Greenish-blue* der Abendröthe in s. *Researches about atmospheric Phenomena* p. 86.

Digitized by Google

gemischt, dafs die Färbung fast ganz darin untergeht. Die zweite Erscheinung habe ich seltner gesehen, wenn bei ganz heiterm Himmel der Abendhimmel sich schon vor Sonnen-Untergang gelb färbt; da erschien ein lebhafteres Grün, welches den Uebergang von Gelb in Blau bildete.

Aber noch auf eine andre Weise habe ich einmal ein Grün am Abendhimmel, grüne Wolken nämlich, gesehen. Unter grauen Regenwolken, die von der sich dem Untergange nahenden Sonne nicht unmittelbar beschienen wurden, waren die unteren Ränder schmutzig grün, gleichsam mit einer Mischung von Grau und Grün gefärbt. Ich konnte mir diese Erscheinung, die ich in der Mitte der Stadt beobachtete, wo hohe Häuser mich nicht bis zum Horizonte hinabsehen liefsen, lange nicht erklären, bis ich vor kurzem eine ganz ähnliche Erscheinung unter günstigern Umständen wiedersah. Am 3 July 1824 Abends um 6 Uhr, war ich auf der Sternwarte, wo man gegen Nord und Nordwest hin eine freie Aussicht auf eine 2 Meilen breite Ebne, grüne Wiesen und Felder hat. Die Sonne stand mir hinter dicken Wolken, schien aber sehr hell auf jene Ebne, so dafs diese sich in ungewöhnlich lebhaftem Grün, abstechend gegen das mich umgebende Dunkel, darstellte. Und hierbei zeigte sich der untere flockige Rand einer dunkeln Wolke, die nach jener Gegend hin sich bis etwa 6 oder 8 Grad Höhe zum Horizonte herab erstreckte, deutlich grün, und auch in das Grau der höheren Wolken war etwas Grün gemischt. Dies war fast genau eben die Erscheinung, die ich früher gesehen hatte, und es war jetzt deutlich, dafs dieser Wolkenrand im Schatten der übrigen Wolken liegend, nicht von der Sonne, sondern von der grünen Ebne erleuchtet wurde, und deshalb wirklich grün, obgleich nur schmutzig grün oder mit Grau gemischt, erschien [1].

Wie sich die Abendröthe dann zeigt, wenn bei trocknem Nebel (Höhenrauch) die untergehende Sonne völlig roth, im Nebel fast verschwindet, kann ich aus Mangel an Beob-

1 Ob es sich mit der von *Forster* beobachteten grünen Wolke, (wovon er in seinen Bemerkungen über Gegenst. d. physischen Welt, erzählt), so verhalten habe, kann ich nicht angeben, da ich das Buch nicht nachsehen kann.

Digitized by Google

achtungen nicht angeben. Da der Himmel zu solcher Zeit nicht blau, sondern fast weifs erscheint, so scheint hier ein Einwurf gegen die oben gegebne Erklärung statt zu finden, über welche genauere Beobachtungen eine Entscheidung geben müssen.

Bei dieser Erklärung liegt offenbar die Newtonsche Ansicht von den aus weifsem Lichte hervorgehenden Farbenstrahlen zum Grunde; ich will jetzt andre Ansichten erwähnen, die mir keine so genügende Erklärung zu gewähren scheinen. Nach von Goethe läfst sich das Blau des Himmels sehr gut erklären, aber nicht die Erscheinung der Abendröthe. Sagt man nämlich mit von Göthe, Blau erscheine da, wo das Dunkel durch ein trübes Mittel gesehen wird, und Roth erscheine da, wo Licht durch ein trübes Mittel gesehen wird, so erhellt leicht, dafs die an sich dunkle Tiefe des Himmels blau, und dafs die untergehende Sonne roth erscheinen mufs. Aber im Abendroth zeigt sich uns selbst der wolkenlose Himmel roth; da wir nun hier doch nicht in ein Empyreum hineinblicken, sondern auch am Horizonte nichts anders als ein durch trübe Mittel gesehenes Dunkel vorhanden ist, so weifs ich nicht, wie man diese Erscheinung erklären soll, wenn man jener Haupt-Ansicht treu bleiben will, dafs das Dunkel durch ein trübes Mittel gesehen, blau erscheine.

Noch einer andern Untersuchung über das Blau des Himmels mufs ich hier gedenken, um mich zu entschuldigen, warum ich im Vorigen nicht auf sie Rücksicht genommen habe. Muncke nämlich glaubt [1], durch einige sehr überzeugend scheinende Versuche dargethan zu haben, dafs das Blau des Himmels nur eine subjective Farbe sey, womit dann freilich alles vorhin Gesagte ganz unstatthaft würde. Der leicht anzustellende und ganz richtige Versuch, der Muncke zu diesem Schlusse veranlafste, ist folgender: Man nehme ein inwendig geschwärztes Rohr, und sehe mit dem einen Auge durch dieses Rohr, und zugleich mit dem andern Auge frei den blauen Himmel an: so bemerkt man, dafs für das mit dem Rohr bewaffnete Auge die blaue Farbe des Himmels

[1] *Schweiggers* Journal XXX. 81. Vergl. *Atmosphäre d. Erde.*

Digitized by Google

nach und nach mehr schwindet, je länger man das Auge auf den Himmel richtet, während das freie Auge den Himmel fortdauernd blau sieht. Der Schluſs, den Muncke hieraus zieht, ist sehr einleuchtend, daſs das fremde Licht jene Farbe nur hervorrufe, und diese daher sich nicht mehr zeige, wenn man das Auge gegen fremdes Licht beschirmt.

Dieser Schluſs, so wohl begründet er scheint, läſst sich aber, wie mich dünkt, dennoch durch folgende zwei Versuche widerlegen. 1. Die Wände meines Zimmers sind mit einem Blau, nur wenig blässer als das Blau des Himmels an schönen Tagen ist, gefärbt. Sehe ich diese Wände ebenso mit dem einen Auge durch das Rohr und mit dem andern freien Auge an, so erscheint die Wand mir durch das Rohr je mehr und mehr weiſs, je länger ich sie ansehe. 2. Nehme ich ein inwendig weiſses Rohr und stelle mich so, daſs die Sonne einen Theil der innern Wand des Rohres bescheint, und betrachte nun in dieser Stellung den blauen Himmel, so bemerkt das durch das Rohr sehende Auge keine Aenderung, sondern das freie und das mit dem Rohr bewaffnete Auge sahen beide den Himmel in gleich dunkler blauer Farbe. — Hiernach glaube ich den Himmel mit eben dem Rechte wirklich blau nennen zu dürfen, wie es die Wände meines Zimmers sind, und vielmehr ist jenes Blaſswerden nur durch das Angrenzende Dunkel hervorgerufen. Bekanntlich sieht man ja dunkle Gegenstände, folglich hier die dunkeln Wände des Rohres mit einem hellen Rande umgeben, und dieser helle Rand, der bei einem nicht sehr weiten Rohre den ganzen innern Raum ausfüllt, bringt im Auge die Empfindung eines lebhaften Weiſs hervor, worin die Beimischung des Blau nur als ein viel matteres Blau sichtbar bleibt. Richtet man dagegen das inwendig weiſse Rohr so, daſs am vordern Ende die innere Seite von der Sonne erleuchtet wird, so kann jener helle Rand nicht mehr erscheinen, und das durch das Rohr gesehene Blau bleibt ungeändert. Uebrigens kann man meinen ersten Versuch ebenso gut an einer grünen Wand u. s. w. anstellen, wenn die Farbe nur nicht ganz ungemein dunkel ist.

Digitized by Google

Meteorologische Betrachtungen.

Die Vorbedeutung für die Witterung des nächsten Tages oder der nächsten Tage, die man aus der Abendröthe hernehmen kann, würden, wenn ein recht kundiger Beobachter sie darstellte, wohl zu vielfachen Betrachtungen Veranlassung geben. Aber theils bin ich nicht mit so vielen Beobachtungen ausgerüstet, theils scheint es bei diesen Vorherbestimmungen auf manche kleine Verschiedenheiten, welche das Auge wohl erkennt, die man aber schwer in Worten darstellen könnte, anzukommen, theils scheint auch wirklich der Erfolg nach sehr übereinstimmend aussehender Abendröthe keinesweges immer gleich zu seyn; ich begnüge mich daher mit einigen wenigen Bemerkungen.

Wenn bei schönem blauen Himmel die Abendröthe den Himmel mit einem sanften Purpur leise zu überziehen scheint, und am Horizont nur sehr wenige Federwolken oder geschichtete Federwolken von ihr roth gefärbt erscheinen, so bedeutet dieses ziemlich sicher fortwährend gutes Wetter. Sind aber der geschichteten Federwolken mehrere, so ist die Anzeige schon trüglicher, so wie diese Wolken-Art überhaupt ganz verschiedene Witterung anzeigen kann, je nachdem sie den Federwolken selbst ähnlich, in ziemlich unveränderlichen Gestalten fortbesteht, oder im Gegentheil schnellen Wechseln unterworfen ist.

Eine weifslich gelbe Abendröthe pflegt, wie der weifslich blaue Himmel, eben kein schönes Wetter zu versprechen. Besonders deutet es, nach einer allgemeinen Behauptung der Landleute, die ich oft bestätigt gefunden habe, auf stürmisches Wetter, wenn die Sonne in einem so weifsen Lichtglanze untergeht, dafs man sie selbst in dem hellen Scheine, der den ganzen westlichen Himmel überzieht, nur wenig vorglänzend und dabei mehr weifs als gelb sieht.

Die sehr rothe trübe Abendröthe, die bei gröfstentheils bedecktem Himmel zuweilen das Grau der Wolken mit einem tiefen feurigen Purpur überzieht, scheint auch keine Vorbedeutung auf besseres Wetter zu geben. *B.*

Digitized by Google

Abendstern. s. Planeten und Venus.

Abendweite.

Amplitudo occidua; amplitude occidentale; *occiduous amplitude;* ist der Abstand des Punctes, wo ein Gestirn untergeht vom wahren Abendpuncte oder dem genauen Westen. Diese Abendweite kann offenbar eine nördliche oder südliche seyn, und da für jeden Punct auf der Erde jeder im Aequator des Himmels stehende Stern genau in Westen untergeht, so erhellt, dafs die nördlich vom Aequator stehenden Sterne und so auch Sonne und Mond, wenn ihre Abweichung *nördlich* ist, eine *nördliche* Abendweite, die *südlichen* Gestirne dagegen eine *südliche* haben.

Fig. 3 Es stelle HR den Horizont, AQ den Aequator vor, der jenen in O im wahren Westen oder Abendpuncte schneidet; er macht mit dem Horizonte einen Winkel, welcher der Aequatorshöhe des Ortes, die ich $90° - P$ nenne, gleich ist; zieht man also den durch das Gestirn gehenden Abweichungskreis PSD, der in D mit dem Aequator einen rechten Winkel macht, und denkt sich die Himmelskugel in der Stellung, da der Stern gerade untergeht, so ist SO die Abendweite, und bekanntlich

$$\text{Sin. O} : \text{Sin. } 90° = \text{Sin. SD} : \text{Sin. SO.}$$

oder wenn ich die Abweichung des Sternes DS = D nenne,

$$\text{Sin. Abendweite} = \frac{\text{Sin. D}}{\text{Cosin. P}} = \frac{\text{Sin. Abweichung.}}{\text{Cosin. Polhöhe.}}$$

Hieraus läfst sich eine Tafel für jedes Gestirn und für jede Polhöhe berechnen, wie man sie in der Sammlung astron. Tafeln. Berlin 1776. III Theil §. 245 findet.

Die Abendweite der Sonne am längsten und kürzesten Tage wo ihre Abweichung 23° 27′ 45″ beträgt, ist nämlich

unter dem Aequator	=	23°	27′	45″
in 15° geogr. Breite	=	24.	20.	34″
30° — —	=	27.	22.	14.
45° — —	=	34.	16.	06.
60° — —	=	52.	46.	41.
65° — —	=	70.	24.	26.

Digitized by Google

Diese Zahlen sind so berechnet, wie sie ohne Rücksicht auf Refraction sich ergeben; da aber die Strahlenbrechung im Horizonte bei uns mehr als $\frac{1}{2}$ Grad und in höhern Breiten oft noch viel mehr beträgt, so darf man die Rücksicht darauf nicht vernachlässigen, wenn man z. B. um die Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen, die Abendweite genau wissen mufs. Da die Rechnung dann, wie bei Bestimmung des Azimuth geführt wird, so vergl. *Azimuth.* *B.*

Abirrung des Lichtes.

Aberratio luminis; aberration de la lumière; *aberration.* Wenn man einen Stern das ganze Jahr durch mit grofser Genauigkeit beobachtet, so bemerkt man, dafs er nicht ganz strenge in demselben Puncte des Himmels erscheint, sondern anscheinend eine Ellipse, deren grofse Axe ungefähr 40 Sec. beträgt, um den Ort, den man seinen mittleren Ort nennen könnte, durchläuft. Diese Ellipse ist desto weniger von einem Kreise verschieden, je näher der Stern dem Pole der Ekliptik steht, und wird genau während eines Umlaufs der Erde um die Sonne durchlaufen. Der Stern erscheint also etwas entfernt von dem Orte, wo er eigentlich erscheinen sollte, und wo er, (wie sich gleich zeigen wird,) erscheinen würde, wenn die Erde ruhete, und dieser Abstand ist es, den man *Aberration*, *Abirrung*, oder *durch Abirrung des Lichtes entstanden*, nennt.

Die Ursache dieser veränderten Richtung, in welcher der Lichtstrahl unser Auge trifft, ist die *Fortpflanzung des Lichtes und die Bewegung der Erde.*

Es ist aus andern Beobachtungen bekannt, dafs der Lichtstrahl in gerader Linie, und mit einer zwar sehr grofsen, aber doch nicht unendlich grofsen Geschwindigkeit fortgeht. Wenn die Erde ruhete, so würde es, indem wir unser Fernrohr nach einem Sterne richten, völlig einerlei seyn, ob das Licht langsam oder schnell zu uns gelangte; immer würde der Stern nur dann uns in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheinen, wenn die Axe des Fernrohrs genau mit der von der ruhenden Erde zu dem ruhenden Sterne hingezogenen geraden Linie zusammenfiele, und diese Richtung der Axe des Fernrohrs würde uns also den wahren Ort des Sternes

Digitized by Google

am Himmel angeben. Hat die Erde dagegen eine Bewegung, so wird der in das Fernrohr eintretende Lichtstrahl, während seines Fortganges durch das Fernrohr, nicht mehr in der Axe desselben bleiben, wenn das Fernrohr parallel mit der vom Sterne zur Erde gezogenen geraden Linie ist; sondern es wird nöthig werden, dem Fernrohr eine etwas gegen jene Linie geneigte Richtung zu geben; und da es uns nun scheint, als wäre die Richtung des Fernrohrs, wobei uns der Stern in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint, eben die nach dem Sterne gezogne gerade Linie, so bestimmen wir den Ort des Sterns um so viel unrichtig, als jene Neigung beträgt.

Fig. 4 Es sey SB der von dem Sterne kommende Lichtstrahl und dieser treffe gerade dann in B ein, wenn auch das mit der bewegten Erde fortrückende Auge dort ankömmt, A dagegen sey der Punct, wo das Auge sich befindet, wenn das Lichttheilchen bei C in das Fernrohr eintritt. Giebt man nun dem Fernrohre die Richtung AC, so dafs es bei der Fortbewegung des Auges nach DE, BF gelangt, so bleibt das durch das Fernrohr fortbewegte, immer die gerade Richtung SCB verfolgende Lichttheilchen immer in der Axe des Fernrohrs; denn diese ist nach DE gelangt gerade dann, wenn das Lichttheilchen in G angekommen ist, und ebenso findet man in jedem Augenblicke das Lichttheilchen in einem Puncte der Axe des Fernrohrs, während diese von A nach B fortrückt [1]. Der Winkel FBS ist gleich der Abirrung des Lichtes, und diese ist offenbar desto geringer, je schneller die Bewegung des Lichtes ist, oder je kleiner der von der Erde, während das Licht von C nach B gelangt, durchlaufene Bogen AB ist.

1 Ein mehr in die Sinne fallendes Beispiel erläutert dies noch besser. Wir wollen uns einen nach der Richtung SB herabfallenden Regentropfen denken, und fragen, in welcher Richtung wir, während wir uns fortbewegen, ein Rohr halten müssen, damit der Tropfen in der Axe des mit uns fortbewegten Rohres bleibe, während er das Rohr durchläuft? Fällt dieser Tropfen genau durch den Raum GB herab, während das parallel fortrückende Rohr von AC nach BF gelangt, so wird der Tropfen so aufgefangen, dafs er das Rohr nicht benetzen oder an der Wand klebend bleiben kann, denn bei jeder veränderten Stellung des Rohres ist er genau in der Axe desselben.

Digitized by Google

Aus den Verfinsterungen der Iupiters-Monde hat man berechnet[1], dafs das Licht 42000 Meilen in 1 Sec. durchläuft, oder dafs sich die Geschwindigkeit des Lichtes zur Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, wie der Halbmesser zu dem Bogen von 20,25 Sec. verhält. Da nun, wenn die Richtung des Strahles senkrecht auf die Richtung der Bewegung der Erde ist, offenbar $\frac{AB}{BC}$ = tang. d. Abirrung, Fig. 4 oder bei so kleinen Bogen, $\frac{AB}{BC}$ = dem Bogen der Abirrung gefunden wird, so beträgt die Aberration für Sterne am Pole der Ekliptik 20,25 Sec., wofür ich m setzen will; diese Sterne scheinen einen Kreis von diesem Halbmesser um ihren wahren Ort zu durchlaufen. Um zu übersehen, nach welchem Puncte dieses Kreises wir in jedem Augenblicke unser Fernrohr richten, wollen wir die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn von 0 ♈ nach ♋, nach ♎ und Fig. so weiter verfolgen. Die wahre Richtung von der Sonne S 5 nach dem Sterne X nehmen wir als senkrecht auf die Ebne der Ekliptik an, und es ist bekannt, dafs wir wegen der grofsen Entfernung des Sternes, dem wir hier gar keine Parallaxe beilegen, das Licht des Sternes, wenn die Erde ruhete, so empfangen würden, als ob der Lichtstrahl parallel mit XS zu uns gelangte. Wegen der Bewegung der Erde aber müssen wir, um den Lichtstrahl richtig aufzufangen, das Fernrohr um m Sec. vorwärts neigen, und da dies in jedem Puncte der Bahn statt findet, so erscheint der Stern uns um so viel gegen den Punct der Ekliptik, auf welchen zu unser Lauf gerichtet ist, vom Pole der Ekliptik weggerückt; also wenn die Erde heliocentrisch in 0 ♈ steht, so scheint der Stern dem 0 des Krebses näher; ist die Erde in 0 ♋, so ist der Stern vom Pole gegen 0 ♎ zu entfernt, u. s. w. das ist, wir sehen den Stern, der eigentlich im Pole der Ekliptik erscheinen sollte, allemal unter einer Länge, die 90 Grade mehr als die heliocentrische Länge der Erde beträgt, oder sehen ihn gegen das Gestirn hin vom Pole entfernt, wohin die Erde heliocentrisch drei Monate später gelangt.

---

1 S. *Licht.*

Ebenso leicht läfst sich übersehen, wie die Abirrung die scheinbare Lage derjenigen Sterne ändert, die in der Ekliptik selbst stehen. Es sey QRST die Bahn der Erde, und in der Richtung AX stehe ein Stern; dann mufs ich, wenn die Erde in Q sich nach R bewegt, das Fernrohr ein wenig vorwärts nach QZ richten, um den Stern zu sehen; der Stern scheint mir also ein wenig vorgerückt, seine Länge ist gröfser, als sie seyn sollte, zu der Zeit, wann er mit der Sonne in Opposition ist. Befindet sich die Erde in R, so entfernt sie sich in der Richtung des Lichtstrahles selbst von dem Sterne, und das Fernrohr bekömmt keine von der Richtung des Lichtstrahles verschiedene Stellung; die Abirrung ist = 0, wenn der Stern 90 Grade von der Sonne entfernt ist. In S hingegen, mufs das Fernrohr wieder etwas vorwärts nach SY gerichtet werden, und der Stern würde, wenn wir ihn bei der Conjunction mit der Sonne sehen könnten, um etwas zurück gerückt in der Ekliptik erscheinen, jetzt eben so eine um m Sec. zu kleine Länge haben, wie er bei der Opposition eine um m Sec. zu grofse Länge hatte; und hier bestände also die durch die Abirrung des Lichtes hervorgehende Erscheinung in einem blofsen Hin- und Herrücken auf der Ekliptik.

Fig. 5

Hieraus erhellt hinreichend, warum Sterne, die zwischen der Ekliptik und ihrem Pole stehen, Ellipsen, desto minder breit, je näher der Stern der Ekliptik ist, zu durchlaufen scheinen. Um aber die allgemeinen Formeln für die Gröfse der Aberration und für die daraus in Länge und Breite entstehende Correction des scheinbaren Ortes zu finden, sey die Erde in T und bewege sich durch TW in eben der Zeit, in welcher der von einem Sterne kommende Lichtstrahl V'W von V' nach W gelangt. Aus dem Vorigen erhellt, dafs das Fernrohr dann in T die Lage TV' erhalten mufs, statt dafs TV den Stern treffen würde; V'TV = a ist also die Aberration, und da diese so klein ist, dafs man Sin. a mit a als einerlei ansehen kann, so ist $a = \frac{WT}{WV'}$. Sin. WTV' oder a = m. Sin. WTV', oder da Sin. WTV' und Sin. WTV um so ungemein wenig verschieden sind, a = m. Sin. WTV.

Digitized by Google

Es läfst sich leicht übersehen, dafs das Fernrohr in der Ebne W T V bleibt, in welcher der kleine Weg des Auges und der gleichzeitige des Lichtstrahls liegt; wir können daher V T V′ als Differential von W T V ansehen, und wenn T U, T U′ die Projectionen der T V, T V′ auf die Ekliptik sind, so ist U T U′ = — d. W T U die Aberration in der Länge, und V′ T U′ — V T U = d. V T U die Abirrung in der Breite. Es sey nun des Sternes Breite = β, seine Länge = λ, die Länge der Sonne = L, also W T U = L — λ — 90°, so ist, wenn ich die Neigung der Ebne V T W gegen die Ekliptik = I setze,

Tang. W T U = Tang. W T V. Cos. I,
Sin. V T U = Sin. V T W. Sin. I,

und hieraus, da d. W T V = — m. Sin. W T V war,

$$\text{d. W T U. Sec.}^2\,\text{W T U} = -\frac{\text{m. Sin. W T V. Cos. I.}}{\text{Cos.}^2\,\text{W T V}},$$

oder Abirrung in der Länge =

$$+\text{m. Sin. W T V. Cos. I.}\frac{\text{Cos.}^2\,\text{W T U}}{\text{Cos.}^2\,\text{W T V}'}$$

$$= +\text{m.}\frac{\text{Sin. W T V. Cos. I.}}{\text{Cos.}^2\,\text{U T V}},$$

$$= +\frac{\text{m. Sin. W T U}}{\text{Cos. U T V}},$$

$$= -\frac{\text{m. Cos. (L} - \lambda)}{\text{Cos. } \beta};$$

und ferner

d. V T U. Cos. V T U = — m. Sin. W T V. Cos. W T V. Sin. I.

oder die Abirrung in der Breite

$$= -\frac{\text{m. Sin. W T V. Cos. W T V. Sin. I.}}{\text{Cos. } \beta}$$

$$= -\text{m. Sin. } \beta\text{. Sin. (L} - \lambda).$$

Hieraus läfst sich ferner die Abirrung in gerader Aufsteigung und in Abweichung finden. Man erhält sie, wenn man die Formeln, welche die gerade Aufsteigung = α und Declination = δ des Sternes aus der Länge und Breite geben, diffe-

Digitized by Google

rentiirt und dann für d λ und d β die eben gefundenen Werthe setzt[1]. Man findet dann die Abirrung in gerader Aufsteigung $= d\alpha =$

$-$ m. Sec. δ { Cos. e. Cos. α. Cos. L + Sin. α. Sin. L }

wenn e die Schiefe der Ekliptik ist, und die Abirrung in der Abweichung

$= d\delta =$ — m. Sin. e. Cos. δ. Cos. L

— m. Sin. δ { Cos. α. Sin. L — Cos. e. Sin. α. Cos. L }.

Aus diesen Formeln hat man Tafeln berechnet, die man in *Bessels Fundamentis astronomiae*, in *De Zach Tabulae speciales aberrationis et nutationis* etc. *Gothae* 1806. findet.

Ferner in:

Nouvelles tables d'aberration et de nutation pour quatorze-cent-quatre étoiles, avec une table générale d'aberration pour les planètes et les comètes, précedées d'une instruction, qui renferme l'explication de l'usage de ces tables. etc. Marseille 1812. und

Supplément aux tables d'aberration par M. de Zach. Marseille 1813. Endlich auch *von Zach Correspondance astronomique.*. Vol. IV. p. 158.

Wegen der ungleichförmigen Bewegung der Erde in ihrer Bahn mufs die Aberration etwas corrigirt werden, indem die Abirrung des Lichtes gröfser ist, wenn die Erde sich schneller bewegt. Eigentlich sollte auch noch auf die tägliche Drehung der Erde Rücksicht genommen werden, aber diese ist zu langsam, um einen nur irgend merklichen Einflufs zu haben[2].

Die bisher betrachtete Abirrung ist bei Fixsternen und Planeten auf gleiche Weise zu berücksichtigen. Bei den Planeten oder Cometen aber mufs man zugleich noch erwägen, dafs der in diesem Augenblick das Auge treffende Strahl Fig. SB, nicht von dem Puncte ausging, wo sich jetzt der Planet 4 befindet, sondern von dem, wo er um so viele Minuten oder Secunden früher sich befand, als das Licht gebraucht, um von ihm zu uns zu gelangen. Kennen wir also seine Entfernung von der Erde, und wissen, dafs das Licht t Sec. ge-

1 Vergl. Art. *Aufsteigung* u. *Abweichung*.

2 Littrow theoret. u. praktische Astronomie. I. S. 61. 63.

Digitized by Google

braucht, um von ihm zu uns zu gelangen, so befand sich der Planet t Sec. vor dem Momente der Beobachtung in dem Puncte seiner Bahn, welchen die nach dem Vorigen corrigirte Richtungslinie trifft[1].

Ueber den wahren Werth der Gröfse m, die ich obenhin 20,25 Sec. angegeben habe, findet noch einige Ungewifsheit statt. Nach Delambre, welcher die beobachteten Verfinsterungen des ersten Iupiters-Mondes alle in Beziehung auf die sich daraus ergebende Geschwindigkeit des Lichtes berechnet hat, folgt die Abirrung $m = 20'',255$. Bessel aber zeigt[2], dafs sich aus Bradleys Beobachtungen mehrerer Fixsterne die Abirrung gröfser ergebe, so dafs man die Aberrations-Constante auf $20'',7$ setzen müfste, wenn man *alle* dort betrachtete Beobachtungen zum Grunde legen wollte. von Lindenau findet[3] aus einer sehr grofsen Menge vorzüglich guter eigner und fremder Beobachtungen des Polarsterns $m = 20'',449$. Es scheint also fast, als ob die Beobachtung der Sterne die Geschwindigkeit des Lichtes etwas kleiner gäbe, als die Beobachtungen der Verfinsterung der Iupiters-Monde; aber über so ungemein kleine Differenzen ist es schwer etwas ganz Entschiedenes festzusetzen. Uebrigens warf schon Lichtenberg die Frage auf, ob denn die Abirrung bei allen Sternen gleich, und ob sie zum Beispiel bei den rothen nicht anders als bei den bläulich erscheinenden Sternen seyn möge.

Wie die Beobachtungen zur Kenntnifs der Aberration geführt haben, mag folgende kurze Geschichte der Entdekkung dieser Erscheinung zeigen[4]. Bradley und Molineux unternahmen, um Dr. Hooks Beobachtungen über die Parallaxe der Fixsterne zu bestätigen, eine Reihe von Beobachtungen des Sternes γ im Drachen, mit einem von Graham sehr vollkommen gearbeiteten Zenithsector. Die Beobachtungen

---

1 Vergl. Gauss theoria mot. corp. coel. p. 68; auch scheinen Pauckers Resultate d. Aberrationstheorie (Bode Jahrbuch 1825. S. 112.) nähere Prüfung zu verdienen.

2 Fundam. p. 123.

3 Jahrb. 1818. p. 251; 1820. p. 210.

4 Phil. Transact. Vol. 35. p. 637.

wurden am 3. Dec. 1725 angefangen, und schon am 17. Dec. bemerkte Bradley, dafs der Stern etwas südlicher erschien, als bei den frühern Beobachtungen. Man fürchtete dies einer Ungenauigkeit der Beobachtung zuschreiben zu müssen, aber da jene Aenderung am 20. Dec. zugenommen hatte, und die Beobachter bei aller Sorgfalt keine Aenderung in der Aufstellung des Instruments wahrnehmen konnten, so setzten sie ruhig und mit gröfster Sorgfalt ihre Beobachtungen fort, obgleich sie, da eine Parallaxe die Lage des Sterns in dieser Jahreszeit nicht so ändern konnte, die Ursache der Erscheinung durchaus nicht errathen konnten. Bis zum März erschien der Stern immer mehr und endlich 20 Sec. südlicher, als beim Anfange der Beobachtungen; dann ward er stillstehend, fing im April an zu nördlichern Stellungen zurück zu gehen, stand im Juni eben so wieder wie im December; änderte um diese Zeit in 3 Tagen seine Zenithdistanz im Meridian um 1 Sec.; im September stand er 39 Sec. nördlicher als im März; und gelangte, nun wieder südwärts rückend, im December abermals zu der Stellung, wo man ihn beim Anfange der Beobachtungen gesehen hatte.

Da eine Parallaxe des Sterns seine nördlichste und südlichste scheinbare Stellung in andern Jahreszeiten geben mufste; da eine Aenderung in der Lage der Erd-Axe zwar die Erscheinungen dieses einen Sternes, aber nicht die gleichzeitigen Beobachtungen andrer Sterne (die ihre Meridianhöhe keinesweges so sehr änderte,) erklären konnte: so blieb die Ursache immer noch unbekannt.

Bradley fing am 19. Aug. 1727 eine neue Reihe von Beobachtungen an, und bemerkte an den jetzt beobachteten 12 Sternen, dafs sie alle weiter nach Süden rückten, wenn sie bei Tage, und nach Norden, wenn sie bei Nacht durch den südl. Meridian gingen, dafs sie ungefähr am nördlichsten erschienen, wenn sie um 6 U. Abends, am südlichsten, wenn sie um 6 U. Morgens durchgingen, und dafs die gröfsesten Differenzen wenigstens bei den Sternen, die den Koluren der Sonnenwende nahe ständen, dem Sinus der Breite proportional wären.

Nach Vollendung eines Jahres verglich er nun alle Beobachtungen, und nachdem er alle Vermuthungen, dafs Feh-

Digitized by Google

ler des Lothes, unrichtig angenommene Refraction u. s. w. Schuld seyn könnten, untersucht und sich vom Gegentheil überzeugt hatte; stellte er die Betrachtung an, dafs ja auf der bewegten Erde ein Stern uns nicht in der Richtung wie auf der ruhenden Erde, folglich auch nicht in unveränderter Richtung erscheinen könnte. Diesen Gedanken verfolgte er, zeigte, dafs jeder Stern eine kleine Ellipse zu beschreiben scheinen müsse, und dafs alle von ihm und Molineux beobachtete Erscheinungen diesem gemäfs wären; jetzt zeigte sich auch, warum die vorhin aus den Beobachtungen nur als ungefähr richtig abgeleiteten Regeln nicht ganz strenge auf alle Sterne pafsten u. s. w. Die Beobachtungen der einzelnen Sterne wurden nun genau berechnet, um den Werth von m daraus herzuleiten; sie gaben ihn zwischen 20″,0 und 20″,5, daher Bradley 20″,25 annimmt.

Diese Geschichte der Entdeckung zeigt zwar nur, wie man die Meridianhöhe anwenden kann, um die Abirrung zu bestimmen; aber es läfst sich leicht übersehen, dafs auch sehr genaue Beobachtungen der Zeit des Durchganges durch den Meridian zu allen verschiedenen Jahreszeiten angestellt, dazu dienen können. Jede mit vollkommner Genauigkeit angestellte Reihe von Beobachtungen, wie z. B. die von Bessel, giebt daher Stoff, um auch die Abirrung künftig noch genauer zu bestimmen. *B.*

Ablenkung der Magnetnadel.

Abirrung der Magnetnadel; Deviation de l'aiguille aimantée; *Deviation of the compas.* Mit diesen Namen bezeichnen einige nautische Schriftsteller diejenige Entfernung der Magnetnadel vom *magnetischen Meridian*[1], welche durch örtliche Anziehung, namentlich durch diejenige des Eisens im Schiffe hervorgebracht wird. Sie ist vorzüglich in höhern Breiten spürbar, und ist daher bei der Seltenheit wissenschaftlicher Reisen nach jenen Gegenden lange Zeit unbeachtet geblieben, weil man die sich ergebenden Unregelmäfsigkeiten mehr den Schwierigkeiten der Beobachtung, und (wohl oft mit Recht) den Mängeln der Compasse überhaupt zuschrieb.

1 S. *Abweichung der Magnetnadel.*

Digitized by Google

Dafs die Magnetnadel zu Lande durch Eisenhaltige Felsmassen von ihrer Richtung abgelenkt werde, ist bekannt; dafs aber die in einem Schiffe vertheilten Eisenstücke einen so kräftigen Einfluſs auf dieselbe äufsern könnten, fiel Niemandem ein zu vermuthen, bis die bedeutendern Störungen in hohen Breiten die Beobachter auf die wirkliche Existenz einer äufsern Ursache hinführten. Der Erste, der sich hierüber mit Bestimmtheit ausdrückt, ist der Astronom von Cooks zweiter Reise, Wales. Auf der Fahrt von England bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung, und noch im Canal zwischen England und Frankreich bemerkte er Unterschiede von 5 bis 6 Graden; doch schien ihm damals die Lage des Schiffes zu ihrer Erklärung nicht hinreichend. Er fand, dafs in der südlichen Erdhälfte die stärksten nordwestlichen Abweichungen statt fanden, wenn das Vordertheil des Schiffes nach Norden und Osten, die geringsten, wenn es nach Süden und Westen gekehrt war. Cook und seine Officiere, denen er seine Bemerkung mittheilte, schienen anfangs kein sonderliches Gewicht darauf zu legen; bald aber traten Fälle ein, wo Beobachtungen in den erwähnten Lagen gemacht wurden, die seiner Vermuthung günstig waren; und am Schlufs der Reise glaubte Wales sich berechtigt, den Ausspruch zu thun; „dafs Beobachtungen der magnetischen Ab„weichung bei verschiedenen Richtungen des Schiffes ange„stellt, oder auch in verschiedenen Stellen auf demselben, „sehr ungleiche Resultate geben müfsten; und dafs diese Un„gleichheit auch besonders solche Beobachtungen treffe, die „auf verschiedenen Schiffen gemacht würden.“ Cook selbst, ohne jedoch der vorhergegangenen Anzeige seines Astronomen zu gedenken, bemerkt unter Anderm in der Beschreibung seiner zweiten Reise[1]. „In 48°,5 südlicher Breite „und 60° östl. Länge fanden wir, wenn die Sonne auf der „rechten Seite des Schiffes stand, die magnetische Abwei„chung 27° 50′ Westl., hingegen 30° 26′, wenn die Sonne „zur Linken sich befand. Dies war, fügt er hinzu, nicht „das erste mal, dafs wir diese Wahrnehmung machten, ohne „jedoch im Stande zu seyn, irgend einen Grund dafür anzu-

1 Th. I. p. 50 der dritten englisch. Ausgabe in 4.

Digitized by Google

„geben.“ Die neue Entdeckung blieb jedoch unbeachtet, bis etwa zehn Jahre später der Dänische Admiral Löwenörn in einem der Akad. d. W. zu Kopenhagen im J. 1788 übergebenen Aufsatze auf die Veränderungen aufmerksam machte, welche die Angaben des Compasses bei verschiedenen Cursen des Schiffes erleiden. Löwenörn belegte dieses mit Beobachtungen, die er im J. 1786 auf einer Reise nach Island angestellt, und bei welchen er zum erstenmale die jedesmalige Lage des Schiffes notirt hatte. Doch auch diese Aufforderung hatte mit den frühern gleiches Schiksal, und, obwohl gleichzeitige und spätere Seefahrer Phips [1], D'entrecasteaux, Vancouver ähnliche Anomalien in den Angaben des Compasses wahrnahmen, so begnügte man sich doch immer nur mit dunkeln Vermuthungen und Unbegreiflichkeiten, bis endlich Flinders durch eigne Erfahrung und die Bemerkungen seiner Vorgänger bewogen, der Sache genauer nachspürte. Er hatte auf seiner Reise nach dem *Südlande* (Terra Australis, Neuholland) das Nämliche bemerkt, was Cook und Wales gefunden hatten; und dies veranlafste ihn, wenigstens im Verfolg der Reise soviel möglich bei den Azimuthalbeobachtungen auch zugleich die Lage des Schiffes in Beziehung auf den Meridian ungefähr zu notiren. Die Menge der Beobachtungen setzte ihn in den Stand, den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung deutlicher zu erkennen, und er fand, dafs „wenn das Schiff eine östliche Richtung „hatte, die Fehler alle auf die gleiche, bei einer westlichen „Richtung des Schiffes ebenfalls alle auf die entgegengesetzte „Seite fielen; dafs hingegen die Beobachtungen, die man „angestellt hatte, wenn das Schiff nach Norden lag, mit den„jenigen wohl zusammenstimmten, die in einer südlichen „Lage des Schiffes, oder am Lande, entfernt von Localein„wirkungen, gemacht worden waren.“ Flinders schlofs hieraus, „dafs das Eisen im Schiffe eine Anziehung auf die Na„del äufsere, vermöge welcher sie der Richtung des Schiffes „selbst zugelenkt werde; mit dem bemerkenswerthen Unter-

1 Phips Voyage towards the North Pole. pag. 113. Sieben Beobachtungen am Nachmittage, die unter sich auf einen Grad übereinstimmten, gaben eine Abweichung, die von sechs vormittägigen und den nachfolgenden Beobb. um 9° 22′ verschieden war.

Digitized by Google

„schiede, dafs in der nördlichen Erdhälfte das Nordende, in „der südlichen das Südende der Nadel angezogen wurde[1].“

Aus den Beobachtungen ergab sich ferner, dafs in hohen Breiten die Fehler gröfser waren, als näher zum Aequator; doch schienen sie mit den Breiten selbst in keinem richtigen Verhältnisse zu stehen. Dagegen hielt ihre Zunahme in beiden Erdhälften mit der *magnetischen Neigung*[2] ziemlich gleichen Schritt, so dafs z. B. in der Bafsstrafse und im Canal zwischen England und Frankreich, wo die südliche Inclination der nördlichen gleich kömmt, die Fehler einerlei Gröfse hatten, jedoch auf ungleiche Seiten gingen.

Schwieriger war es, aus so unvollständigen Beobachtungen den relativen Einfluſs auszumitteln, den die *Lage* des Schiffes auf die Ablenkung der Nadel ausübte. Flinders nahm an, „dafs die störende Kraft des Schiffes sich wie der „Sinus seines Abweichungswinkels vom magnetischen Meri„dian verhalte:“ ein Schluſs, den er später durch directe Versuche, die auf Befehl der Englischen Admiralität in den Häfen von Sheernefs, Portsmouth, und Plymouth angestellt wurden, bestätigte, als er nach siebenjähriger Einkerkerung auf Isle de france im J. 1810 wieder den heimathlichen Boden betrat. Nach dieser Regel bestimmte Flinders die Maxima der magnetischen Aberration aus seinen Reisebeobachtungen, und dividirte dieselben durch die beobachtete Neigung der Magnetnadel; so erhielt er folgende Zahlen:

In der Breite	Bei der Neigung	Max. d. Fehler	Fehler in Theilen der magn. Inclination.
50° Nördl.	72° —	3°52′	0,0537
4 —	29 —	1 31½	0,0526
37 Südl.	67 —	3 28	0,0517
34 —	64 —	3 9	0,0492
32 —	62 —	2 56	0,0473
24 —	52 —	2 39	0,0510
16 —	43 —	2 8	0,0496
		Mittel . . .	0,0508

1 Wir bemerken hier, dafs wir nach dem Gebrauch der deutschen und englischen Schriftsteller unter *Nordende*, denjenigen Theil der Magnetnadel verstehen, welcher dem *Nordpol der Erde* sich zuwendet. Die französischen Naturforscher drehen diese Benennung um.

2 S. *Neigung der Magnetnadel.*

Digitized by Google

Es ergiebt sich hieraus, dafs für Flinders Schiff, den *Investigator*, das Maximum der Aberration etwa $\frac{1}{12}$ der dem Orte zukommenden magnetischen Neigung betrug.

Wenn auch der letztere Satz von theoretischer und praktischer Seite nicht unbestritten bleiben konnte, so war doch durch Flinders dieser für die Nautik und die Physik gleichwichtige Gegenstand dergestalt in Anregung gebracht worden, dafs Physiker und Seefahrer sich bemühten, ihn aufzuhellen. Unter den Letztern zeichnet sich vor Allen ein Mann aus, den eine vieljährige Erfahrung mit allen Eigenthümlichkeiten der arktischen Gewässer vertraut gemacht hatte, der jüngere Scoresby. Die Versuche, welche er auf seinen Reisen nach Spitzbergen in den Jahren 1815 und 1817 anstellte, bestätigten Flinders's Erfahrungen und Schlüsse, und leiteten ihn noch zu einigen neuen Bemerkungen, von denen wir hier die wichtigsten ausheben[1].

1. Alle gröfsere und kleinere Eisenstücke im Schiffe haben eine Tendenz magnetisch zu werden, auf der Nordhälfte der Erde *oben südlich, unten nördlich.* Auf der *Südhälfte* umgekehrt.
2. Der Gesammteinfluss aller dieser Theile vereinigt sich in einem magnetischen *Anziehungsfocus*, dessen Hauptsüdpol nahe an der Mitte des obern Verdecks ist, doch näher dem *Vordertheil* des Schiffes als dem Hintertheil.
3. *Geschmiedetes* Eisen scheint attractiver zu seyn, als *Gufseisen;* die Anker wirken stärker als die Cannonen; deswegen liegt auch jener Focus näher nach *Vornen* im Schiff.
4. Diese Einwirkung ändert sich a. mit der Neigung der Magnetnadel; b. mit der Stelle des Compasses, c. mit der Richtung des Schiffes, (nach Flinders's Regel.)
5. Wird ein Compafs einem grofsen Stück Eisen, der Spindel des Cabestan's oder einem Anker auf sechs bis acht Fufs genähert, so überwiegt die Wirkung dieses Körpers den Einfluss des erwähnten Focus. Die Abirrung variirt nach der gegenseitigen Lage der drei Körper, Focus, Compass und Eisenmasse. Das Oberende der Spindel wirkt so stark, dafs, je nachdem der Compafs auf der Trommel des

1 Philosoph. Trans. 1819. I. 99.

Digitized by Google

Cabestan's versetzt wird, man die Richtung der Nadel ganz umkehren kann.

Noch mehr wurde diese Untersuchung namentlich in Beziehung aufs Nautische erweitert, als im J. 1818 die seit anderhalb Jahrhunderten verlassene Frage über die Möglichkeit einer Durchfahrt nach dem Südmeere im Norden wieder in Anregung kam, und zwei englische Schiffe, Isabella und Alexander nach der Baffinsbay gesandt wurden. Die Annäherung zum magnetischen Pol und die dadurch vermehrte Intensität der magnetischen Kraft in verticaler Richtung, machte die bereits gefundenen Anomalien in auffallendem Maafse hervortreten, und gab selbst zu neuen Bemerkungen Gelegenheit. Das Wesentliche dessen, was der Befehlshaber, Capt. Ross[1] und sein Begleiter, Sabine[2] hierüber mitgetheilt haben, ist in folgenden Sätzen enthalten:

1. Die *Richtung der Nullpuncte* der Aberration geht keineswegs, wie Flinders aus seinen Beobachtungen, obwohl nicht unbedingt, angenommen hatte, durch die *Länge des Schiffes*, sondern je nach Vertheilung der Eisenmassen in demselben, der Stelle des Compasses, und seiner Erhöhung über dem Verdeck in irgend einer *schiefen Richtung* durch dasselbe. Beim Alexander war sie beinahe winkelrecht auf die Länge des Schiffs. Man bestimmte zu dem Ende am Ufer oder auf dem Eise das magnetische Azimuth eines sehr entfernten Objects: und dann gab auf der Isabella der Compass eben dieses richtige Azimuth an, wenn das Schiff S. 22° W., oder N. 17° O. lag: auf dem Alexander hingegen war dieses erst dann der Fall, wenn das Schiff N. 70° W. oder S. 80° O. stand. Im letztern Schiffe lag aber auch der Compafs beinahe auf der Ebene des Verdeckes selbst. Setzte man einen andern Compafs etwa neun bis zehn Fufs über dem Verdeck, so lag der Nullfehler so ziemlich Nord in Süd, und die Abirrung betrug in der Ost- und Westrichtung des Schiffes nahe 20°, gerade so wie auf der Isabella. Uebrigens zeigten die Steuercompasse beider Schiffe beständig einen Unter-

1 Rofs Voyage to the Baffins Bay. Appendix.
2 Philos. Trans. 1819. I. 112.

Digitized by Google

schied von 11 Graden. Man muſs also in Flinders's Regel zur Correction der Abirrungen statt: „Abweichung des Schiffes vom magnetischen Meridian“ setzen „die gefundene *Richtung des Nullfehlers*“, und: statt „Ost- und West-Richtung“ die Worte „*Richtung der gröſsten Abirrung.*“

2. Flinders's Hypothese, daſs das Maximum der Abirrung oder die störende Kraft des Schiffeisens der magnetischen Neigung proportional sey, kann nur innerhalb der Breiten gelten, in welchen seine Beobachtungen gemacht wurden. Was Flinders für eine Wirkung *vermehrter* magnetischer Anziehungskraft ansah, kann eben so gut als Folge einer *Verminderung der dirigirenden Kraft* des Erdmagnetismus *in horizontaler Richtung* betrachtet werden; wobei indessen nicht geleugnet wird, daſs der Magnetismus der aufrechtstehenden Stangen- und Eisenmassen im Schiff nicht mit der Inclination und der Intensität des Erdmagnetismus *zunehme*, und so die Abirrung der Magnetnadel vergröſsern könne. Jene Regel aber, daſs die Abirrung einen constanten aliquoten Theil der magnetischen Neigung ausmache, wird durch bestimmte Erfahrungen widersprochen, indem auf der Isabella bei einer Neigung von 74° die Abirrung $5°\frac{3}{4}$ also $\frac{1}{13}$ der Neigung betrug, während dem sie bei der Inclination von 84° bis auf $20\frac{1}{2}°$, mithin bis auf $\frac{1}{4}$ der Neigung anstieg.

Am Schlusse führt Ross noch die Anleitung bei, wie man aus den Beobachtungen die Deviation des Compasses finden könne. Dies geschieht, indem man am Lande oder auf dem Eise, allenfalls auch in einem Boot, dessen Beschlag von Messing ist, oder in einer beträchtlichen Erhebung *über* dem Schiff, entfernt von örtlichen Anziehungen, das Azimuth eines entlegenen irdischen Objects, oder auch der Sonne im Horizonte bestimmt, und die nämliche Beobachtung gleichzeitig auf dem Schiffe, selbst bei verschiedenen Richtungen desselben, wiederholt. Da jedoch das Quantum der Deviation mit der magnetischen Neigung nach einem unbekannten Gesetz sich ändert, und man nicht immer Gelegenheit finden möchte, eine so umständliche Prüfung vorzunehmen, so schlug P. Barlow, Prof. an der Königl. Militärakad. in Woolwich, vor, eine Eisenplatte in einer solchen Lage und Ent-

Digitized by Google

fernung vom Compafs zu befestigen, dafs sie den Winkel der Ablenkung *verdoppele*, und diese Stelle durch ein Zeichen zu bemerken. Wünscht man nach einiger Zeit wieder die Deviation zu prüfen, so darf man nur die Richtung der Magnetnadel erst *ohne* und dann *mit* der Platte beobachten; der Unterschied giebt die gesuchte Ablenkung.

Ueberhaupt gebührt Barlow das Verdienst, die Gesetze, nach welchen die Eisenmassen auf die Magnetnadel wirken, am vollständigsten erkannt und entwickelt zu haben, ohne jedoch wie uns scheint in die Natur und das physikalische Verhalten dieser Wirkung eingedrungen zu seyn. Wir glauben, zur Erläuterung seiner Entdeckungen noch etwas beizutragen, wenn wir es versuchen, unsre Vorstellungsart von dem eigentlichen Hergang dieser Erscheinungen kürzlich darzulegen.

Die Erde ist, gleich einem Magnet, an ihrer Oberfläche mit magnetischer Materie geladen, welche zu beiden Seiten des Aequators in zwei entgegengesetzte Magnetismen sich zerlegt. Auf der nördlichen Erdhälfte herrscht derjenige Magnetismus, welcher das nach Norden gerichtete Ende der Magnetnadel an sich zieht, mithin *Südpolarität*, auf der Südhälfte hingegen ist die Erde *nordpolarisch*, d. h. sie zieht das Südende der Magnetnadel an. Die Erde wirkt mithin auf die horizontale und die geneigte Nadel, wie zwei elektrisirte Körper durch Atmosphären-Wirkung auf einander einfliefsen: die ungleichnamigen Gattungen des Fluidums ziehen sich gegenseitig an, während dem die gleichnamigen einander abstofsen. Anders verhält es sich mit dem Einflufs, den die Erde auf einen nicht magnetischen Körper, auf das *Eisen* ausübt. Hier wirkt sie, wie ein elektrischer Körper auf einen ihm angenäherten, nicht elektrischen Leiter wirkt, nämlich durch *Vertheilung*. Die unsrer arktischen Erdhälfte inwohnende Südpolarität treibt das gleichnamige Fluidum in der Eisenstange nach dem entlegensten Ende, also nach Oben hin, während dem sie die freigewordene Nordpolarität der Stange nach Unten hinzieht. Daher ist bei allen Eisenmassen, gleichviel, ob ihre Länge eine verticale oder horizontale Lage habe, *immer die untere Seite nordpolarisch*. Dieser Magnetismus aber ist *nicht inhärirend*, sondern *wandernd*;

Digitized by Google

er gehört nicht dem Körper, sondern *seiner Lage* an. Die Intensität desselben wächst mit der magnetischen Kraft der Erde selbst, also mit der magnetischen Neigung, und ist daher am spürbarsten in hohen Breiten, oder in der Annäherung zum magnetischen Pole in der Baffinsbay, dagegen unmerklich in der Nähe des magnetischen Aequators. Jenseits dieser Linie ist dieser *Magnetismus der Lage* entgegengesetzter Art, die Pole umgekehrt ertheilend. Wesentlich und merkwürdig ist hierbei das Verhalten des Eisens in seinen verschiedenen Zuständen, als *reines, weiches Eisen;* als *harter Stahl;* und als *weicher* oder *angelassener Stahl.* Das reine Eisen und der *glasharte* Stahl sind wahre Conductoren des magnetischen Fluidums; sie stellen dem Durchgang desselben keinerlei Hindernifs entgegen, so dafs bei jedem Umwenden einer Eisenstange der *Magnetismus der Lage* augenblicklich in seiner ganzen Intensität erscheint. Dafür sind sie aber auch keines *inhärirenden* Magnetismus fähig, wie dieses an den eisernen Trägern grofser Hufeisenmagnete sich ergiebt, die nach vieljähriger Berührung mit denselben keine Spur von eigenthümlicher, attractiver Kraft zeigen; und so stark auch die durch Vertheilung erhaltene Polarität einer Eisenmasse, und so bedeutend ihre Ablenkung der Magnetnadel seyn mag, so gebricht ihr dennoch die Kraft, nur das kleinste unmagnetische Eisentheilchen anzuziehen[1]. Anders verhält es sich mit dem *angelassenen Stahl* je nach dem Grade seiner Härtung. In diesem scheint das magnetische Fluidum nicht so frei sich zu bewegen, der Magnetismus durch Vertheilung erscheint geringer; dagegen ist er eines *inhärirenden* Magnetismus fähig, der durch Reibung oder Erschütterung, durch den elektrischen Funken, am besten durch Bestreichen mit einem Magnet ihm mitgetheilt werden kann. Nach den Erfahrungen von Coulomb und Kater ist die Federhärte des Stahls, die im Anlassen desselben der rothblauen

1 Auffallend ist die Uebereinstimmung, welche der glasharte Stahl mit dem Eisen noch in einem andern Puncte in der *Ausdehnung durch die Wärme* zeigt. Vom Eispuncte bis zum Siedepuncte ist nämlich die Ausdehnung des Eisens 1174 Millionentheile der ganzen Länge, die des *harten* Stahls 1278; während dem die des ganz angelassenen *weichen* Stahls nur 1117 Millionentheile beträgt.

Digitized by Google

Farbe entspricht, am tauchlichsten, ihm den stärksten, bleibenden, eigenthümlichen Magnetismus zu geben. Ueber und unter dieser Temperatur nähert sich der Stahl in Beziehung auf den Magnetismus mehr dem Verhalten des Eisens. Der *Magnetismus der Lage* ist, wie bereits bemerkt worden, im reinen Eisen am stärksten; über seine Intensität im Stahl und Gufseisen giebt Barlow folgende Zahlen an, die eigentlich nur das Verhältnifs zwischen den Tangenten der Ablenkungswinkel darstellen, welche durch gleichgrofse Stangen, in die Richtung der magnetischen Neigung gebracht, an einer nahen Boussole bewirkt wurden.

Schmiedeisen	100
Gufseisen	48
Gemeiner Stahl, (Blister Steel) weich	67
— — — — gefärbt	53
Deutscher Stahl (?) (Shear Steel) weich	56
— — — — — — gehärtet	53
Gufsstahl (Cast Steel) weich . . .	74
— — — — gehärtet . . .	49

Es folgt aus diesen Versuchen, dafs der *Magnetismus der Lage* desto wirksamer sich erweist, je weicher das Eisen ist, und dafs er in gehärtetem Stahl nur etwa halb so viel Kraft erhält, als im Schmiedeisen. Man mufs also die Schnelligkeit, mit welcher er diese Metalle durchdringt, von seiner Anhäufung in denselben unterscheiden: denn Barlow behauptet an einem andern Orte ausdrücklich, eine Stahlstange von 3 Fufs Länge so stark gehärtet, als Feuer und Wasser es vermögen, habe ihre Pole nach der Länge mit derselben Schnelligkeit und Leichtigkeit gewechselt, wie das weichste Eisen[1], und Ebel fand nach eignen Versuchen ebendasselbe.

Besonders merkwürdig ist das Verhalten des Eisens in *verschiedenen Graden der Hitze*. Nach Barlow's Versuchen verschwindet der *Magnetismus der Lage* in der Weifsglühhitze gänzlich bei allen Eisen- und Stahlarten. Beim Eisen (mit Stahl wurden keine Versuche gemacht) befolgte er während dem Erkalten folgenden Gang: So wie nach Verlauf von etwa drei Zeitminuten die Weifsglühhitze in das *hellrothe* Glühen

1 Essay on magnetic attractions by P. Barlow. 1823. 8.

überging, zeigte die Stange eine, der Gewöhnlichen *entgegengesetzte, negative* Polarität; oben Nord, unten Süd. Nach zwei Minuten nahm diese ungewöhnliche Polarität schnell ab; die angenäherte Compafsnadel zeigte *keine* Ablenkung, gieng aber, so wie das *blutrothe* Glühen eintrat, zur *gewöhnlichen* Anziehung über, nach welcher das obere Ende der Stange südliche, das untere Nordpolarität hat, und war meistens in zehn Minuten stationirt. Die Ablenkung in der *blutrothen* Hitze war jedoch in der Regel wohl *doppelt so stark*, als die im *kalten* Zustande vor dem Versuche. Oefteres Glühen machte die Stangen zu fernern Experimenten untauglich.

Das Auffallendste bei diesen Anziehungen war, dafs jene *negative* Anziehung, die während des *hellrothen* Glühens statt fand, nicht wie die gewöhnliche Polarität von der Mitte der Stange nach den Enden zu, sondern in *umgekehrter Richtung* zunahm, so dafs die Maxima der ungewöhnlichen Polaritäten einander in *der Mitte der Stange zu berühren* schienen, und die Nadel von der gröfsten Ablenkung nach der einen Seite plötzlich auf das Maximum der Andern überging, so wie sie jener Mitte der Stangen sich gegenüber befand. Bei diesen Versuchen waren die Stangen, deren einige von Schmiedeisen, andere von Gufseisen waren, und bei 1,25 Zoll Dicke 25 Zoll Länge hatten, meistens in die Richtung der *magnetischen Neigung* gebracht worden. Wurden sie in einer, auf die Vorige *rechtwinklichen*, Lage gehalten, so zeigten sich die nämlichen Erscheinungen, doch ungleich schwächer. Eine 24 pfündige Kugel zeigte kalt eine Ablenkung von 13°; beim Weifsglühen 0°; beim Hellrothglühen — 3°,5; und beim Blutrothglühen 19°,5. Stangen von Kupfer, beinahe zum Schmelzen erhitzt, äufserten auf den Compafs nicht die mindeste Wirkung.

Wir kommen nun zu der mathematischen Erörterung der Art und Weise, wie der Magnetismus der Erde durch Vertheilung in den Eisenmassen sich gestaltet, und nach welchen Gesetzen die Ablenkungen der Magnetnadel je nach ihrer Lage und Entfernung von den Eisenmassen modificirt werden. Barlow hat die sämmtlichen Erscheinungen an einer eisernen *Kugel* von 13 Zoll Durchmesser dargestellt; eine Form, die

Digitized by Google

für diesen Zweck vorzüglich sich eignet, indem sie die magnetische Kraft der Eisenmasse gleichsam in einen Punct vereinigt, und es möglich macht, die Wirkung jeder andern Eisenmasse von beliebiger Gestalt, deren magnetischer Schwerpunct bekannt ist, durch einfache trigonometrische Functionen nach ihrer Lage zur Magnetnadel zu bestimmen.

Sätze über den Magnetismus der Lage.

1. Wenn man einen empfindlichen Abweichungscompafs an eine eiserne Kugel anhält, so wird die Nadel in verschiedenen Stellen von dem magnetischen Meridian *abgelenkt.*
2. An jeder Kugel giebt es jedoch *einen gröfsten Kreis,* in dessen Ebne die Nadel ungestört bleibt.
3. Die Ebne dieses gröfsten Kreises ist von Nord nach Süd geneigt, in der Richtung des magnetischen Meridians, und bildet mit dem Horizont einen Winkel, welcher dem *Complement der magnetischen Neigung* gleich ist. Wenn sich der *Mittelpunct* einer Magnetnadel in der Ebne dieses Kreises befindet, so hat sie dieselbe Lage, wie wenn keine eiserne Kugel da wäre.
4. Wenn man diesen *Indifferenzkreis* als den *magnetischen Aequator* der Kugel betrachtet, so finden auf ihr auch magnetische Pole, Breitenkreise und Parallelkreise demselben entsprechend statt. Man nehme als *ersten Meridian* denjenigen Breitenkreis an, welcher durch die Durchschnittspuncte des magnetischen Aequators mit dem Horizonte, oder durch den magnetischen Ost- und West-Punct geht, und bezeichne mit Δ die *Deviation* der Compafsnadel an irgend einer Stelle der Kugel, deren magnetische *Länge* a, und deren magnetische *Breite* b sey, so ist stets

$$\text{Tang. } \Delta = \text{Sin. } 2\,b. \text{ Cos. } a.$$

Magnetische Länge und Breite werden hierbei auf die *Mitte* der Compafsnadel bezogen.

5. Das nämliche Gesetz findet statt, wenn man sich die Mitte der Compafsnadel als das *Centrum* einer Kugel verstellt, die auf eben diese Art eingetheilt wäre, und an deren Oberfläche sich der Mittelpunct der Eisenkugel, oder wenn es ein Körper von anderer Gestalt ist, der *magnetische Schwerpunct* desselben befände. Hieraus lassen sich

Digitized by Google

auch bei jedem unregelmäfsigen Körper die störenden Kräfte, je nach seiner Lage gegen den Compafs und den magnetischen Meridian, bestimmen.

6. Die *Tangenten* der Deviation verhalten sich *umgekehrt* wie die *Cubi der Entfernungen* beider Mittelpuncte (der Kugel und der Magnetnadel) von einander.

7. Bei Eisenkugeln von verschiedener Gröfse verhalten sich die *Tangenten* der Deviation *gerade* wie die *Cubi der Durchmesser* der Kugeln.

8. Es bezeichne d den Diameter der Kugel, D die Distanz ihres Centrums von der Mitte der Nadel, und A einen beständigen Coefficienten, der durch Versuche zu bestimmen ist; so hat man diesem zufolge

$$\text{Tang.}\,\Delta = \frac{\text{Sin. 2 b. Cos. a. d}^3}{\text{A. D}^3}$$

9. Dieser Satz gilt für eine bestimmte dirigirende Kraft der Magnetnadel, die von der magnetischen Neigung J abhängig ist. Aendert sich diese Letztere aus J in J′ (an einem andern Beobachtungsorte) so wird

$$\text{Tang.}\,\Delta = \frac{\text{d}^3}{\text{A. D}^3}\,(\text{Sin. 2 b. Cos. a})\frac{\text{Cos. m J}}{\text{Cos. m J}'},$$

wobei es ungewifs ist, ob $m = \frac{3}{2}$ oder $= 1$ zu setzen sey; sowie künftige Beobachtungen auch darüber entscheiden müssen, ob nicht noch ein neuer Coefficient, der von der Intensität der magnetischen Kraft abhängig ist, in die Formel einzuführen sey.

10. Vermöge der Expansibilität des magnetischen Fluidums drängt sich dasselbe, wie die Elektricität an die *Oberfläche* des Körpers. Daher ist die Anziehungskraft einer *hohlen Kugel* von sehr geringer Dicke *nicht verschieden* von der einer vollen *soliden Kugel* von ebendemselben äufsern Durchmesser. Diesen Satz hat Barlow durch directe Versuche bewährt. Eine sehr dünne Kugel Eisen von 10 Zoll Durchmesser, die nicht über 23 Unzen wog, bewies die nämliche Anziehungskraft auf die Declinationsnadel, wie eine solide Kugel von ebendemselben Durchmesser, deren Gewicht 128 Pfunde betrug.

11. Da die Tangenten der Deviation sich wie die Cubi der

Digitized by Google

Durchmesser der anziehenden Körper verhalten, während sich die anziehende Kraft selbst nach der Oberfläche der Kugeln oder nach den *Quadraten* ihrer Durchmesser richtet, so folgt, „dafs die *Quadrate der Tangenten* der Deviation sich wie die *Cubi der Kräfte* verhalten."

12. Eben dieses ergiebt sich auch aus dem Gesetz der Entfernungen, wenn wir annehmen, „dafs die Kraft im umgekehrten Verhältnifs der Quadrate der Entfernungen ab- und zunehme." Denn da die Tangenten der Deviation sich umgekehrt wie die Cubi der Entfernungen verhalten, die anziehenden Kräfte aber wie die Quadrate dieser Entfernungen, so folgt wie vorhin, dafs die Quadrate der Tangenten der Deviation zu den Cuben der Kräfte in geradem Verhältnisse stehen.

So weit gehen Barlow's Sätze über den *Magnetismus der Lage*. Neulich hat Poisson diesen Gegenstand, der mit seinen Arbeiten über die Ausbreitung der Elektricität in den Körpern analog ist, einer theoretischen Erörterung unterworfen, und Barlow's Angaben und Versuche mit den Grundsätzen des *Magnetismus durch Vertheilung* übereinstimmend gefunden. Hierher gehört auch Hansteen's Entdeckung, dafs nicht nur Eisen, sondern überhaupt *jeder lothrechte Gegenstand,* von welchem Stoff er sey, oben Süd-, unten Nordpolarität zeige. Hansteen schlofs dieses aus der verschiedenen Anzahl der Schwingungen, welche eine empfindliche Magnetnadel auf der Nord- oder Südseite eines verticalen Körpers am untern und obern Ende in einer bestimmten Zeit vollbrachte [1].

Zusatz. In einem im J. 1824 herausgegebenen Appendix zu dem *Essay on magnetic Attractions* giebt Barlow Nachricht von Versuchen, welche mit der von ihm vorgeschlagenen Methode die Wirkung des Schiffeisens zu neutralisiren,

---

1 Ueber den *Magnetismus der Lage* sehe man:
Cook's zweite Reise; Flinders Voyage to the terra Australis. London 1814. 4. J. Rofs Voy. to the Baffins Bay. 1819. 4. Scoresby und Sabine in den Philos. Transact. for 1819. I. Barlow in Brewsters Journal I. p. 344. und Gilberts Annalen Bd. 73. p. 1. Ibid. Bd. 68. p. 271. Annales de Chimie T. 25. p. 113.

Digitized by Google

auf beiden Erdhälften angestellt worden sind. Sie besteht in einer eisernen kreisrunden Tafel von 14 Zoll Engl. Durchmesser, welche nur etwa 7 Zoll unter der Windrose des Compasses und 8 Zolle von der Verticallinie, die durch den Gnomon geht, (vermuthlich in verticaler Lage) am Gestelle des Compasses angebracht wird. Diese befindet sich rückwärts von demselben nach dem Hintertheile des Schiffes zu, auf einer Linie, welche durch das Centrum des Compasses und denjenigen Punct geht, „in welchem man alle störenden „Kräfte im Schiff vereinigt denken kann," durch den Schwerpunct der verschiedenen örtlichen Anziehungen. Die ersten Versuche mit einer solchen Platte wurden auf dem Schiff *Leven*, Capt. *Baldey*, vom 1. Juny 1820 bis 18. July 1821 gemacht, freilich meist nur in den Parallelkreisen von 20 und 30 Grad nördlich vom Aequator und nicht allzufern von der Küste von Afrika, so dafs die Störung des Schiffeisens nirgends beträchtlich seyn konnte. Die Platte war so angebracht, dafs sie den Ablenkungswinkel verdoppeln sollte. Das regelmäfsige Fortschreiten der 89 Variationsbestimmungen, welche aus den Beobachtungen mit und ohne Platte abgeleitet wurden, so wie auf der andern Seite die Sprünge dieser Letztern, sprechen klar für die Vortheile der neuen Vorrichtung. Noch deutlicher geht dieses aus den 43 Beobachtungen hervor, welche auf Capt. *Basil Hall's* Reise nach der Südwestküste von Amerika auf dem Schiffe *Conway* in den J. 1820, 21 und 22 angestellt wurden, und von 51° nördl. bis 60° südl. Breite sich erstrecken. Die Lage der Tafel war in Portsmouth regulirt worden, und gab selbst in 61° südlicher Breite die Correction nicht minder richtig an, als zu Hause.

Eine neue Bewährung wurde Barlow's Vorschlage auf der Fahrt des Schiffes *Griper* nach Spitzbergen zutheil. Man hatte die Platte nach der neuern Art so angebracht, dafs der Compafs mit derselben die richtige Abweichung angab. In 69° nördlicher Breite wichen die Angaben des Compasses ohne die Platte bei verschiedenen Richtungen des Schiffes bis auf 27 Grade von einander ab, während dem diejenigen mit der Platte nur um ein paar Grade differirten. Auf Spitzbergen wurde die Platte am Azimuthal-Compafs aufs neue re-

Digitized by Google

gulirt, indem man mit einem am Ufer stehenden Theodolithen das magnetische Azimuth des Compasses in dem Augenblick bestimmte, als auf dem Schiffe mit dem Compafs die Richtung des Theodoliths gemessen wurde; eine Methode, welche bei Ermangelung eines sehr entfernten Objects allen Fehlern der Parallaxe ausweicht. Indem man nun die eiserne Scheibe $7\frac{5}{8}$ Zoll unter der Ebne der Windrose, und in $7\frac{1}{2}$ Zoll Abstand von der durch ihren Mittelpunct gehenden Verticallinie befestigte, wurden die Störungen des Schiffeisens von 21 auf 5 Grade heruntergebracht; eine Unvollständigkeit, die entweder durch eine gröfsere Eisenplatte oder durch Annäherung zum Compafs hätte gehoben werden können, wäre das Letztere, wegen der, durch eine zu grofse Nähe entstehenden, Unregelmäfsigkeiten, überhaupt thunlich gewesen [1].

Der Nutzen dieses einfachen Compensationsapparates für die Schiffahrt und für die Physik der Erde ist erheblich. In Beziehung auf die Letztere darf man behaupten, dafs mit der Einführung dieses Mittels eine neue Epoche für die magnetischen Abweichungsbeobachtungen beginnt, und dafs, was bisher zur See, wenigstens in hohen Breiten, beobachtet wurde, als mehr oder weniger unzuverlässig anzusehen ist.

---

1 Wenn es nur darum zu thun ist, der Wirkung des, gröfstentheils vorwärts vom Compafs liegenden, Schiffeisens eine andere, an sich geringere, aber durch ihre Nähe stärkere Kraft entgegenzusetzen, so läfst sich dieses auf verschiedene Weise bewerkstelligen. Statt einer Scheibe wird man auch einen platten Ring, selbst einen blofsen Stab von Eisen gebrauchen können; und der Letztere möchte, besonders wegen der Bequemlichkeit, mit welcher seine Wirkung durch die blofse Neigung modificirt werden kann, andern Vorrichtungen den Rang streitig machen. Man kann ihn gerade unter dem Compafs dergestalt anbringen, dafs das dem Hintertheil des Schiffes zugekehrte Ende höher liege, als das vordere; oder man mag einen senkrechten Stab am Stativ befestigen, oder, da der Compafs doch seine bestimmte Stelle haben mufs, eine starke Eisenstange ins Verdeck festschrauben, welche, mit einem messingenen Arm versehen, zugleich als Träger des Compasses dienen kann. Man wird hierdurch immer (auf unsrer Halbkugel) einen Südpol nahe hinter dem Compafs erhalten, welcher der Südpolarität der obern Theile des Schiffeisens entgegenwirkt, und mit diesem in Absicht auf Anziehungskraft und selbst auf den Wechsel der Polarität gleichen Schritt hält.

Digitized by Google

Das Nämliche dürfte, unsers Erachtens, auch von vielen bisherigen Bestimmungen der Meeresströmungen gelten, deren Daseyn und Richtung gemeiniglich nur aus der Verschiedenheit der auf die Angaben des Compasses gestützten Schiffsrechnung und der astronomischen Ortsbestimmung hergeleitet wurde. So wich den 22. Mai 1820 auf dem Schiffe Leven in 42° N. und 10° W. die Schiffsrechnung nach dem unverbesserten Steuercompafs, der um 7 Grade unrichtig zeigte, von der astronomischen Bestimmung um 21 Min. in der Breite und 28 in der Länge ab, (ein Fehler, den man sonst ohne Weiteres den Strömungen zugeschrieben hätte) während dem die nach dem verbesserten Compafs geführte Rechnung nur 2 Min. Fehler in der Breite und 4 in der Länge ergab. Ebenso fand sich auf dem Griper in 69° N. und 10° W. aus dem unverbesserten Compafs die Breite des Schiffs am 26. Mai 1823 um 25 Meilen kleiner als die astronomische, mit welcher hingegen die verbesserte Rechnung bis auf 4 Min. übereinstimmte. Wenn auch die Anwendung der astronomischen Ortsbestimmung dem Seefahrer auf dem freien Ocean eine solche Zuverlässigkeit entbehrlicher machen sollte, so ist sie dagegen zur genauen Aufnahme der Küsten, zur Führung und Orientirung des Schiffes am Eingang eines Hafens oder in der Nähe von Klippen nach der Richtung der Leuchthürme und Baken von wesentlichem Nutzen; von entscheidender Wichtigkeit aber wird sie, wenn man in finstern stürmischen Nächten zwischen dem Lande laviren mufs. Da möchte wohl ein Compafs von 10 bis 20 Grad Ablenkung ein bedenklicher Führer werden; und wer weifs (so fährt Barlow fort) wie mancher unerklärbare Schiffbruch an unsern Küsten dieser Fehlerquelle zuzuschreiben ist? Das neueste Beispiel an dem Ostindienfahrer, *Thames*, giebt uns hierüber einen ernsten Wink. Dieses Schiff hatte nebst den gewöhnlichen eisernen Geräthschaften, Anker, Kanonen etc. noch eine Ladung von mehr als 400 Tonnen Eisen und Stahl mit sich, welche auf den Compafs einen nicht geringen Einfluss ausüben mufste. Sollte es wohl noch einer andern Erklärungsart bedürfen, um zu begreifen, wie es möglich war, dafs dieses Schiff Abends um 6 Uhr noch das Vorgebirg von *Beachy-rhead* im Gesicht hatte, und

Digitized by Google

um 1 bis 2 Uhr Morgens auf der nämlichen Stelle strandete, während dem man sich noch weit vom Lande glaubte?

Man sehe aufser den Werken von Flinders, Rofs, Scoresby, Barlow und den Abhandlungen von Sabine in den Philos. Transact. noch die Abhandlungen von Krusenstern und Parrot in den *„Naturwissenschaftlichen Abhandlungen aus Dorpat.* Berlin 1823. 8. Bd. I. *H.*

Absolut.

Wurde früherhin meistens als Beiwort gebraucht, und zeigte an, dafs eine Sache oder Eigenschaft an sich und abgesehen von irgend einer Beziehung auf etwas anderes zu nehmen sey. In diesem Sinne stand es dem Relativen, zuweilen auch dem Specifischen entgegen, z. B. bei der Bewegung, Geschwindigkeit, dem Gewichte, Orte, der Kraft u. a. Die späteren Naturphilosophen nehmen ein gewisses Etwas, das *Absolute* genannt, als dasjenige an, wovon alle philosophische Untersuchung ausgehen müsse, und in diesem Sinne ist nach Schelling [1] „das Absolute die absolute Indifferenz des Sub„jectiven und Objectiven oder des Endlichen und Unendli„chen zufällig bald in dieser, bald in anderen Formen des „Gegensatzes.“ Hier wird indefs das zu definirende Substantiv durch das gleiche Adjectiv bezeichnet, und die ganze Untersuchung ist überhaupt für die eigentliche Naturlehre gänzlich unfruchtbar. *M.*

Absorption.

Verschluckung; *absorptio;* absorption; *absorption.* Ist die chemische oder mechanische Verbindung elastischer Flüssigkeiten mit tropfbar flüssigen oder starren Körpern, wobei erstere ihre elastisch flüssige Form einbüfsen.

Je nachdem der absorbirende Körper tropfbar flüssig oder starr ist, lassen sich zwei Hauptfälle der Absorption unterscheiden.

I. Absorption durch tropfbare Flüssigkeiten.

Hierher gehören folgende Erscheinungen:

1. Absorption des Sauerstoffgases und Chlorgases durch ge-

1 Zeitschr. für specul. Physik II. Ht. 2.

schmolzenen Phosphor oder durch geschmolzene Metalle, oder andere solche Verbindungen einfacher Stoffe, bei welchen der eine Gas- oder Dampf-Form besitzt und dieselbe bei der Verbindung verliert.

2. Absorption der sauren Gasarten durch in Wasser gelöste Salzbasen, und des Ammoniakgases durch liquide Säuren.
3. Absorption des Wasserdampfes durch Vitriolöl und einige andere wasserarme Flüssigkeiten.
4. Absorption sämmtlicher Gasarten durch Wasser, Weingeist, Oele und andere weder saure noch basische Flüssigkeiten.

Die unter 1, 2 und 3 aufgezählten Fälle werden offenbar durch chemische Kraft bewirkt, und sind daher mit besonders grofser Wärmeentwickelung verknüpft. Viele von den unter 4 genannten Absorptionen sind gewiss ebenfalls chemische Verbindungen, bei andern ist dieses aber noch streitig. Dieses und die übrige Wichtigkeit des Gegenstandes erfordert eine genauere Betrachtung der unter 4 aufgezählten Fälle, während die übrigen, als rein in das Gebiet der Chemie gehörig, keiner weiteren Auseinandersetzung bedürfen.

a) Verschluckung der Gasarten durch Wasser.

Das Wasser mit irgend einem Gase in Berührung gebracht, vermag von demselben nur eine bestimmte Menge aufzunehmen; hat es diese erhalten, so ist es mit demselben gesättigt und läfst jeden Ueberschufs desselben unverschluckt.

Um zu erfahren, in welcher Menge das Wasser die verschiedenen Gasarten bei verschiedenen äufseren Umständen verschluckt, ist vor allen Dingen vollkommen reines Wasser nöthig, nämlich solches, welches nicht blos durch Destillation von salzigen und anderen Theilen befreit ist, sondern auch nichts mehr von demjenigen Stickgas, Sauerstoffgas und kohlensauern Gas enthält, welches jedes der Luft dargebotene Wasser aus derselben aufgenommen hat. Hiervon wird es befreit durch Kochen oder durch Aufhebung des Luftdruckes, oder durch beides zugleich. Henry kochte das Wasser mehrere Stunden lang in einem zinnernen Gefäfs mit enger Oeff-

Digitized by Google

nung, füllte mit dem noch kochenden Wasser Glasgefäfse völlig an, und verschlofs sie luftdicht mit Pfropf und Blase. Saussure setzte eine mit Wasser gefüllte Flasche offen in ein gröfseres mit Wasser gefülltes Gefäfs, kochte beide 3 Stunden lang, verschlofs die ganz gefüllte Flasche noch unter dem Wasser des gröfseren Gefäfses mit einem Glasstöpsel, und stellte sie so umgekehrt in Quecksilber. Er fand jedoch, dafs dieses Wasser noch etwas Luft enthielt, welche in den durch Zusammenziehen des Wassers beim Kaltwerden entstandenen leeren Raum trat, und bein Oeffnen der Flasche und Hereinlassen von Quecksilber eine kleine, bald wieder vom Wasser verschluckt werdende, Luftblase darstellte. Priestley erhitzte Wasser wiederholt im torricellischem Vacuum, und liefs die dabei jedesmal austretende Luft durch Umkehren der Röhre und Auffüllen mit Quecksilber heraus.

Mit diesem ausgekochten Wasser verfuhr Henry folgendermafsen:

1. Bei reichlicher absorbirbaren Gasarten: Das gläserne Ge-
Fig. fäfs A 2 Zoll weit, $4\frac{1}{2}$ Zoll lang, ist in Viertel-Cubikzoll
7 eingetheilt; oben mit einer Messingkappe nebst Hahn a versehen; unten auf eine kupferne Röhre C aufgekittet, welche in b einen Hahn hat, und von der unter einem rechten Winkel ein Schenkel ausgeht. Die ebenfalls unter einem rechten Winkel gebogene Glasröhre B ist $\frac{1}{4}$ Zoll weit, von einem gegebenen Puncte ab in Hundertel-Cubikzoll getheilt, oben offen, und unter durch eine Röhre von Federharz D, welche wegen ihrer Biegsamkeit das Schütteln des Gefäfses A zuläfst, und noch mit Leder überzogen ist, mit der kupfernen Röhre vereinigt. Zuerst füllt man den ganzen Apparat mit Quecksilber, schraubt dann auf den obern Hahn eine mit Wasser ganz gefüllte, mit einem Hahn versehene Federharz-Flasche, öffnet diesen Hahn, den Hahn a, und den Hahn b, bis durch letztern eine hinreichende Menge Quecksilber abgeflossen, und durch den Hahn a eben soviel Wasser hineingetreten ist. Auf dieselbe Art wird eine mit dem Gas gefüllte Federharz-Flasche mit dem obern Hahn in Verbindung gesetzt, und durch Oeffnen des untern Hahnes das Hineintreten des Gases bewirkt. Wasser und Gas werden

Digitized by Google

gemessen, es wird der Stand des Quecksilbers in der Röhre B und im Gefäfse A bestimmt, und dann das Gefäfs A so lange geschüttelt, (ohne von der warmen Hand berührt zu werden) als noch Absorption zu bemerken ist. Mit dieser ist Fallen des Quecksilbers in der Röhre B verbunden, und die Menge von Quecksilber, welche man in dieselbe zum Theil schon während des Schüttelns nachgiefsen mufs, um das vorige Niveau des Quecksilbers in der Röhre B und im Gefäfse A wieder herzustellen, zeigt, dem Volumen nach, die Menge des absorbirten Gases an[1].

2. Bei sparsam absorbirbaren Gasarten zieht Henry das Glasgefäfs E vor, 57 Cubikzoll haltend, unten mit eingeschlif- Fig. fenem gläsernen Hahn b, oben mit einem messingenen, 8 mit Schrauben versehenen Hahnstück a. Man füllt das Gefäfs mit ausgekochtem Wasser, schraubt auf a ein Ventil, öffnet den Hahn, und bringt das Gefäfs längere Zeit unter den Recipienten einer Luftpumpe, um das Wasser möglichst von Luft zu befreien. Dann läfst man aus einer elastischen Flasche das zu untersuchende Gas oben hineinsteigen, indem man durch Oeffnen des untern Hahnes eine genau zu messende Menge Wassers ausströmen läfst; dann schüttelt man tüchtig und öffnet den Hahn b wiederholt unter Quecksilber, so lange als von diesem noch etwas eintritt. Bringt man nun die innere und äufsere Quecksilberfläche ins Niveau, so giebt das Volumen des in das Glasgefäfs getretenen Quecksilbers das Volumen des absorbirten Gases.

Oder auch, um sicher zu seyn, dafs das ausgekochte Wasser nicht wieder Luft aufgenommen habe, so füllte Henry grofse Kugeln aus sehr dünnem Glase mit einem lan-

---

1 Von diesem Quecksilber ist jedoch, was Henry nicht ausdrücklich erwähnt, diejenige Menge desselben abzuziehen, welche in der Röhre B bleibt, indem im Verhältnifs, als das Gas in A verschluckt wird, das Quecksilber daselbst einen höheren Stand einnimmt, und daher der Stand in der Röhre B nach dem Versuche höher seyn mufs, als zuvor. Thomson wendet gegen die Zweckmäfsigkeit dieses Apparates, wie es scheint, mit Recht ein, dafs die Federharz-Röhre nachgiebig ist, was besonders bei denjenigen Versuchen Henry's in Betracht kommen möchte, wo er die Absorbirbarkeit der Gasarten unter (durch Verlängerung der Quecksilbersäule in B) verstärktem äufseren Drucke versuchte.

Digitized by Google

gen graduirten Halse mit kochendem Wasser, und kehrte sogleich sie über Quecksilber um, welches beim Erkalten in den Hals stieg. Statt dieses liefs er eine abgemessene Menge Gas hinein, dessen Absorption er durch das nachherige Wiederaufsteigen des Quecksilbers bestimmte.

Durch die Temperatur des Zimmers wurde die des Gefäfses und seines Inhalts geregelt, aufser wenn der Versuch bei einer Temperatur von mehr als 29°,44 C. vorgenommen wurde. Der während der Dauer des Versuchs (bei den schwieriger absorbirbaren Gasarten wurde 12 bis 24 Stunden lang in Absätzen geschüttelt) etwa veränderte Barometerstand wurde berücksichtiget. Zeigte der unabsorbirt gebliebene Theil des Gases eine fremdartige Beimengung, so wurde das Resultat des Versuches hiernach corrigirt.

Saussure verfuhr bei allen Gasarten, von denen 1 Mafs Wasser mehr als $\frac{1}{7}$ Mafs aufnimmt, folgendermafsen: „Er leitete sie in eine mit Quecksilber gefüllte Röhre von 4 Centimeter innerm Durchmesser, liefs dann von Wasser eine 5 bis 6 Centimeter hohe Säule hinzutreten, schüttelte und bestimmte die Absorption erst nach einigen Tagen.

Minder verschluckbare Gasarten füllte er in eine Flasche M, von 250 Cubik-Centimeter Inhalt, deren Gewicht im leeren und mit Wasser gefüllten Zustande genau bestimmt war, erhielt diese $\frac{1}{2}$ Stunde lang umgekehrt unter dem Wasser der Wanne, um ihr dessen Temperatur zu ertheilen, verschlofs sie dann an der Oberfläche des Wassers mit einem luftdicht passenden gläsernen Stöpsel; hierauf liefs er aus dieser Flasche M ungefähr $\frac{1}{6}$ des Gases unter Quecksilber in einen mit Quecksilber gefüllten Recipienten steigen, welches $\frac{1}{6}$ er hierauf über der Wasserwanne in eine mit Wasser gefüllte Flasche N leitete, deren Abwägung (im ganz mit Wasser gefüllten Zustande) vor und (im zum Theil Gas haltenden Zustande) nach der Einfüllung des Gases den Umfang des Letztern (im Wassergewicht) zu erkennen gab. Hierauf leitete er über Quecksilber in die Flasche M soviel ausgekochtes Wasser, dafs alles Quecksilber, welches die Stelle des herausgelassenen Gases vertreten hatte, wieder herausgetrieben war. Wurde nun die Flasche M an der Oberfläche des Wassers verschlossen und gewogen, so ergab sich

Digitized by Google

der Umfang des hineingetretenen Wassers. Die Flasche M in einer Zange gehalten, wurde $\frac{1}{4}$ Stunde lang heftig geschüttelt, dann durch längeres Eintauchen in die Wasserwanne auf die ursprüngliche Temperatur gebracht, dann in umgekehrter Lage (bei gleichem Niveau des Wassers in der Flasche und in der Wanne) geöffnet, und wieder verschlossen. Hierbei war soviel Wasser in dieselbe getreten, als Gas absorbirt worden war, und der Unterschied zwischen dem Gewichte der Flasche M vor und nach dem Oeffnen unterm Wasser gab den Umfang des absorbirten Gases in Wassergewicht zu erkennen.

Dalton verfuhr auf eine einfachere, jedoch minder genaue Weise. Bei Gasarten, welche zu gleichen Mafsen von Wasser verschluckbar sind, bediente er sich einer eingetheilten Eudiometerröhre, deren Oeffnung sich mit dem Finger verschliefsen liefs. Er füllte diese über Wasser ganz mit Gas, trieb dann durch Hineinschieben eines festen Körpers, den er wieder heraus zog, einen Theil des Gases aus, mafs die Menge des an dessen Stelle eingedrungenen Wassers, verschloss die Oeffnung mit dem Finger, schüttelte, öffnete die Röhre einen Augenblick über dem Wasser, schüttelte wieder, öffnete wieder, und wiederholte dieses so lange, als noch Wasser eindrang. Hierauf bestimmte er die Menge des rückständigen Gases und seine Natur. Denn da er sich, wie es scheint, des unausgekochten Wassers bediente, so traten das Sauerstoff- und Stickgas, welche dasselbe aus der Luft aufgenommen hatte, zum Theil in das, dem Versuch unterworfene Gas, und verminderten die Absorption des Gasrückstandes. Indem er aber die Menge der fremdartigen Luft in dem Gasrückstande bestimmte, und, nach seinen, unten zu erwähnenden; Ansichten, den Einfluss einer solchen Beimengung in Rechnung brachte, corrigirte er das Resultat seiner Versuche. Hatte z.B. 1 Mafs Wasser $\frac{9}{10}$ Mafs Gas verschluckt, und die Reinheit des Gasrückstandes war auch $\frac{9}{10}$, so schlofs Dalton, dafs das reine Wasser vom reinen Gase sein gleiches Mafs verschluckt haben würde.

Bei minder reichlich verschluckbaren Gasarten bediente sich Dalton einer Flasche, welche 2700 Gran Wasser hielt, und mit einem eingeriebenen Stöpsel versehen war; übrigens

Digitized by Google

verfuhr er ganz, wie im vorigen Falle, nur dafs er mit dem Schütteln länger anhielt.

Die Menge von Gas, welche das Wasser aufnimmt, hängt ab 1, von der Natur des Gases, 2, vom äufsern Druck, 3, von der Temperatur, 4, von der Gegenwart anderer Gasarten.

Setzen wir letztere drei Umstände gleich, werden z. B. die Versuche bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Luftdruck mit unvermengtem Gase angestellt, so zeigen die verschiedenen Gasmengen, welche von derselben Menge Wasser verschluckt werden, den Einfluſs an, welchen die Natur der Gase auf ihre Verschluckbarkeit durch Wasser äufsert.

Folgende Tabelle enthält die wichtigsten Angaben über die Verschluckbarkeit der Gasarten durch Wasser. Henry stellt seine Versuche bei 15,5 °C. an; Saussüre bei 18° H. Davy bei 10°, Thomson bei 16°, Gay-Lüssac bei 20°, *Gay-Lüssac* und *Thenard* bei 11°. Bei den übrigen ebenfalls bei gewöhnlicher Temperatur und Luftdruck angestellten Versuchen, ist der genauere Temperaturgrad nicht bemerkt worden [1].

1 Mafs Wasser absorbirt Mafse Gas nach	Dalton,	Henry,	Saussüre,	Davy	
Fluorborongas	—	—	—	—	700 J. Davy.
Ammoniakgas	—	—	—	670	780 Thomson.
Salzsaures Gas	—	—	—	480	516 Thomson.
Fluorsibiciumgas	—	—	—	—	263 J. Davy
Schweflichsaures Gas	20	—	43,78	30	33 Thomson.
Chloroxydgas	—	—	—	— über 7 Stadion.	
Cyangas	—	—	—	—	4,5 Gay-Lüssac.
Chlorgas	2ungef.	—	—	—	— —
Hydroselensaures Gas	—	—	—	— über 3 Berzelius.	
Hydrothionsaures Gas	1	1,08	2,53	—	3 Gay-Lüssac u. Thénard.
Kohlensaures Gas	1	1,08	1,06		
Stickoxydulgas	1	0,86	0,76	0,54	
Oelerzeugendes Gas	0,125	—	0,155		

1 Versuche von *Berger* mit Luft, Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickgas, Kohlensaurem Gas und Salpetergas sind wegen der von ihm befolgten ungenauen Methode übergangen worden.

Digitized by Google

Phosphorwasserstoffgas	0,125	0,0214	—	0,025	0,018 Gengembre
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas		—	0,051		
Kohlenwasserstoffgas	0,037	1,014	—		
Sauerstoffgas	0,037	0,037	0,065		
Stickoxydgas	0,037	0,050	—	0,10	
Stickgas	0,0156	0,0153	0,042		
Kohlenoxydgas	0,0156	0,0201	0,062	0,02	
Wasserstoffgas	0,0156	0,0161	0,046.		

Nach Daltons späteren Bestimmungen verschluckt ein Mafs Wasser 0,037 bis 0,04 Mafs Sauerstoffgas, 0,025 Mafs Stickgas und 0,02 Mafs Wasserstoffgas. Doch glaubt er, dafs Saussüre die Absorbirbarkeit der minder verschluckbaren Gasarten immer zu grofs gefunden habe, theils, weil er eine zu grofse Menge Gas mit zu wenig Wasser zusammenbrachte, wo die Differenz minder genau zu bestimmen war, theils weil er die Flasche M wahrscheinlich zuerst in trockenem Zustande gewogen habe, während, wenn sie nachher über Wasser mit Gas gefüllt ist, an ihren Wandungen Feuchtigkeit hängt, wodurch der Gasumfang verkleinert wird.

Dalton nimmt auch an, das Wasser könne durch Schütteln mit einem Gase übersättigt werden; wenn man z. B. ausgekochtes Wasser mit Luft 10 Tage lang ohne Schütteln zusammenstellt, bis keine Verschluckung mehr statt findet, so erfolgt jetzt beim Schütteln neue Verschluckung, welche $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{12}$ der vorigen beträgt.

Nach De Marty läfs sich das Wasser weder mit Sauerstoffgas noch mit Wasserstoffgas sättigen. Hat man Wasser in einer Flasche mit Glasstöpsel durch Schütteln völlig mit Sauerstoffgas gesättigt, so absorbirt es, nach 2 — 3 Tagen auf's neue damit geschüttelt, wieder eine kleine Menge, um so mehr, je gröfser der Zwischenraum, so dafs das Wasser in einer Flasche, die $1\frac{1}{2}$ Jahr gestanden hatte, beim Schütteln fast seinen halben Umfang aufnahm. Er leitet dieses von einer immer stärkern Verdichtung des absorbirten Sauerstoffgases ab. (Bildet sich hier Wasserstoffhyperoxyd, oder war organische Materie im Spiel?) Eben so verhält sich Wasserstoffgas; nach zwei Jahren war der Umfang des absorbirten Wasserstoffgases noch nicht ganz dem des Wassers

Digitized by Google

gleich; beim Stickgas zeigt sich nach de Marty nicht diese auffallende Erscheinung.

Hinsichtlich des Einflusses, welchen der *äufsere Druck* auf die Gasmenge ausübt, die vom Wasser verschluckt worden, hat Henry folgendes von Dalton und Saussure erprobte einfache Gesetz aufgefunden.

Das Wasser nimmt von irgend einem Gase bei derselben Temperatur immer dasselbe Volumen auf, der äufsere Druck sey, welcher er wolle. Wird z. B. der gewöhnliche Luftdruck zur Hälfte aufgehoben und dadurch das Gas um das Doppelte ausgedehnt, so wird das Wasser von demselben *dem Gewicht nach* nur halb so viel aufnehmen, als bei gewöhnlichem Luftdruck; ist der äufsere Druck umgekehrt z. B. verdreifacht, und dadurch das Gas auf $\frac{1}{3}$ seines gewöhnlichen Umfanges gebracht, so wird von diesem das Wasser *dem Gewicht nach* dreimal so viel verschlucken, als bei gewöhnlichem Luftdruck. Diesen Satz beweisen 50 von Henry mit Sauerstoffgas, mit hydrothionsaurem und kohlensaurem Gas und mit Stickoxydulgas angestellte Versuche, zu welchen er sich des oben beschriebenen Apparats bediente, nur dafs er die Röhre Fig. B viel länger nahm, um durch Füllen derselben mit Queck-
7 silber das Gas unter einen stärkern Druck von 2 bis 3 Atmosphären zu versetzen und dafs er bei den minder absorbirbaren Gasarten, statt des Gefäfses A, ein gröfseres (mit punctirten Linien gezeichnetes) 50 Würfelzoll haltendes und bei c mit Hahn und Schraube versehenes Gefäfs anwandte. Nachdem zuerst das Gas auf die eben angeführe Art hineingelassen und durch Oeffnen des Hahnes b das Quecksilber in beiden Schenkeln ins Niveau gebracht worden war, gofs er so viel Quecksilber in B nach, bis es hier 28 oder 2 mal 28 Zoll höher stand, als in A, schüttelte dann stark, während dessen er in B so viel Quecksilber nachgofs, als nöthig war, um dasselbe auf seinem Stande zu erhalten, und bestimmte dann an der Scale A, noch bestimmter aber aus dem Gewichte des nachgegossenen Quecksilbers die Gröfse der Absorption. So fand auch Saussure, dafs vom kohlensauren und wieder vom schweflich sauren Gas dem Umfang nach gleich viel verschluckt wurde, sie mochten sich unter dem gewöhnlichen Luftdrucke oder in einer zum Theil

Digitized by Google

mit Quecksilber gefüllten Barometerröhre unter einem ungefähr nur halb so grofsen Druck befinden.

Hieraus folgt: 1. dafs, um Wasser mit der gröfstmöglichsten Menge irgend eines Gases zu verbinden, man dieses einem möglichst starken äufsern Druck auszusetzen hat, wie dieses schon Priestley fand, und worauf die Anwendung von Compressionsmaschinen bei Bereitung künstlicher Sauerwässer beruht. 2. dafs das bei gewöhnlichem Luftdruck mit einem Gase gesättigte Wasser unter der Luftpumpe bei 100facher Verdünnung nur noch $\frac{1}{100}$ des Gases, und bei noch gröfserer Verdünnung kaum noch etwas davon zurückhalten wird, aber doch durch blofse Luftverdünnung kein ganz gasfreies Wasser erhalten werden könne. So brauste auch das von Henry unter 3fachem Luftdrucke mit kohlensaurem Gase gesättigte Wasser, als es blofs dem gewöhnlichen Luftdruck dargeboten war, lebhaft auf. Priestley brachte zu ausgekochtem Wasser, welches sich in der Torricellischen Leere befand, ein beliebiges Gas; neigte er jetzt die Barometerröhre, so dafs sie mehr horizontal war; so wurde das Gas absorbirt, und beim Aufrichten der Röhre entwickelte es sich zum Theil wieder.

Jedoch ist dieses Henrysche Gesetz nur auf solche Gasarten anwendbar, die nur zu 1 Mafs oder zu weniger von 1 Mafs Wasser verschluckt werden. Wasser dagegen, welches mit einer andern Gasart, z. B. mit salzsaurem oder Ammoniakgas gesättiget ist, drückt zwar, in die Torricellische Leere gebracht, durch Gasentwickelung das Quecksilber etwas herunter (das wässrige Ammoniak nach Thomson um 254 Millimeter), und es entwickelt zwar auch einen Theil seines Gases bei Verminderung des Luftdruckes unter der Luftpumpe, jedoch lange nicht im Verhältnifs dieser Verminderung nach obigem Gesetze, und das, noch den gröfsten Theil des Gases haltende Wasser läfst kein Gas mehr fahren, sondern verdampft nun als Ganzes.

Ueber den Einfluss der *Temperatur* auf die Menge, welche das Wasser von irgend einem Gase aufnimmt, sind folgende Erfahrungen bekannt:

Henry brachte in folgenden 9 Versuchen jedesmal 100 Mafs Wasser mit verschiedenen Mengen von kohlensaurem

Gas bei verschiedene Temperaturen zusammen, wo folgende Gasmengen absorbirt wurden.

Versuch.	Temperatur nach Celsius.	Angewandtes kohlensaures Gas. Maſse.	Absorbirtes kohlensaures Gas. Maſse.	Uebrigbleibendes kohlensaures Gas. Maſse
1	— 12,8°	— 246	— 108	— 138 —
2	— 29,5°	— 246	— 84	— 162 —
3	— 12,8°	— 185	— 108	— 77 —
4	— 12,8°	— 150	— 100	— 50 —
5	— 12,8°	— 100	— 90	— 10 —
6	— 12,8°	— 100	— 84	— 16 —
7	— 29,5°	— 100	— 70	— 30 —
8	— 43,4°	— 200	— 60	— 140 —
9	— 43,4°	— 100	— 45	— 55 —

Bei Vergleichung der Versuche 1 und 2 ergiebt sich, daſs wenn die Temperatur des Wassers um 16,7° C. gesteigert wird, dasselbe 0,222 weniger Gas absorbirt, als zuvor, oder bei einer Temperaturerhöhung von 10° C. 0,133 weniger. Die Vergleichung von Versuch 6 und 7 ergiebt jedoch, daſs eine Erwärmung von 10° C. die Absorption um 0,10 vermindert, und nach Versuch 7 und 9 erhält man auf 10° Temperaturerhöhung eine Verminderung der Absorption um 0,25. Obgleich also diese Versuche nicht genau mit einander übereinstimmen, so sagen sie doch bestimmt aus, daſs mit der Erwärmung die Absorbirbarkeit der Gasarten durch das Wasser vermindert wird, und zwar ist dieses nicht bloſs dem Gewicht nach zu nehmen, sondern sogar dem Maſse nach, da Henry ohne Zweifel, ob er es gleich nicht ausdrücklich erwähnt, das kohlensaure Gas, ehe er dessen Menge bestimmte, auf dieselbe Temperatur brachte, welche das damit zusammengebrachte Wasser besaſs.

Dieser letzteren Annahme, daſs nämlich 1 Maſs heiſses Wasser weniger Maſse Gas von derselben Temperatur absorbirt, als ein Maſs kaltes Wasser vom kalten Gase in Maſsen aufnimmt, widerstreitet freilich folgender Versuch von Dalton, daher dieses Verhältniſs noch weiterer Untersuchung bedarf. Sättigt man in einer Flasche mit gut eingeriebenem Stöpsel kaltes Wasser vollständig mit einer schwierig absorbirten Gasart, so daſs die Flasche jetzt theils mit dem mit Gas gesättigten Wasser, theils mit unabsorbirt gebliebenem

Digitized by Google

Gase gefüllt ist, und setzt jetzt dieselbe genau verschlossen irgend einer Temperatur zwischen 0° und 100° aus; so wird hierdurch das Gleichgewicht nicht gestört, d. h. es tritt weder ein Theil des durch die Hitze auf eine höhere Spannung gebrachten Gasrückstandes in das Wasser, noch entwickelt sich aus diesem die kleinste Menge, während dasselbe beim Oeffnen des Gefäfses sogleich durch das sich entwickelnde Gas mit Blasen gefüllt erscheinen würde. Hieraus folgert Dalton, dafs die Temperatur an und für sich keinen Einfluſs auf die Quantität der Absorption hat; nur erhöht sie die Elasticität sowohl des im Wasser enthaltenen als des äufseren Gases; ist letzteres eingeschlossen, so halten beide Elasticitäten einander das Gleichgewicht; kann es aber entweichen, so entwickelt sich auch ein Theil des absorbirt gewesenen Gases, da es durch die Erwärmung gröfsere Ausdehnung erhält, und das Wasser bei jeder Temperatur dasselbe Gasvolumen absorbirt, also vom erwärmten Gase eine kleinere Menge (dem Gewicht nach) behalten kann.

Bei den sehr reichlich vom Wasser absorbirt werdenden Gasarten findet sich wieder der Unterschied, dafs in den meisten Fällen warmes Wasser nicht so viel weniger absorbirt als kaltes, als es nach den Henryschen Versuchen mit kohlensaurem Gas und selbst nach der Daltonschen Ansicht der Fall seyn müfste. Denn nach letzterer, die auch nach Dalton selbst blofs auf die minder absorbirbaren Gasarten anzuwenden ist, dürfte (indem 1000 Mafs Gas bei 0° sich bei 100° zu 1375 Mafsen ausdehnen) eine Menge Wasser, welche bei 0° 1375 Gewichtstheile Gas aufnimmt, bei 100° nur 1000 desselben aufnehmen; aber das mit salzsaurem Gas in der Kälte gesättigte Wasser entwickelt beim Erhitzen nur eine geringe Menge desselben, und verdampft dann in Verbindung mit dem übrigen als Ganzes. Nur beim Ammoniakgas zeigt sich eine auffallend geringere Absorbirbarkeit in der Hitze, als in der Kälte, so dafs es schon durch Erhitzen bis zu 55° C. völlig aus dem Wasser ausgetrieben werden kann.

Einen andern bedeutenden, und zwar immer hemmenden Einfluſs auf die Menge, die das Wasser von einem gewissen Gase aufnimmt, äufsert die *Gegenwart eines andern Gases.* Wasser, welches bereits mit einem Gase gesättigt

Digitized by Google

ist, nimmt von einem zweiten weniger auf, als reines Wasser, und läfst dabei einen Theil des zuerst aufgenommenen Gases fahren; reines Wasser nimmt aus einem Gemenge zweier Gasarten beide auf, jedoch von jeder weniger, als wenn es mit dieser allein zusammen gekommen wäre.

Auszunehmen sind die Fälle, wo die beiden Gasarten einer innigeren, vom Wasser leicht aufnehmbaren Verbindung fähig sind, in welchem Falle das eine Gas, das etwa schon vom Wasser aufgenommen worden war, die Absorption des andern vornehmen mufs, z. B. Sauerstoffgas und Salpetergas, Chlorgas und ölerzeugendes Gas u. s. w. Man könnte auch vermuthen, dafs sich Sauerstoffgas und Wasserstoffgas vom Wasser verschluckt, in demselben zu Wasser verbänden, auch wollen Hooke und Orkney[1] beim 3 Monate langen Zusammenstellen von Knallluft mit Wasser eine beträchtliche Absorption beobachtet haben, und so giebt auch de Marty an, dafs mit Sauerstoffgas gesättigtes Wasser das Wasserstoffgas, und mit Wasserstoffgas gesättigtes Wasser das Sauerstoffgas reichlicher verschlucken, als reines Wasser. Dagegen fand Priestley, dafs man aus Wasser, welches man mit einem Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas gesättigt hat, wieder ein mit Knall entzündbares Gas austreiben kann, und Saussüre fand, dafs Wasser, mit einem Gemenge von 2 Mafsen Wasserstoffgas und 1 Mafs Sauerstoffgas geschüttelt, sich sehr bald damit sättigt, ohne bei weiterem Schütteln mehr davon aufzunehmen. Wenn den ersterwähnten Beobachtungen kein Irrthum zum Grunde liegt, so ist der scheinbare Widerspruch in diesen Erfahrungen zu heben, wenn man annimmt, dafs die Verbindung im Wasser nur sehr langsam in Wochen und Monaten erfolgt.

Wieviel das Wasser, wenn es mit einem Gemenge von 2 oder mehreren Gasarten, die höchstens zu gleichen Mafsen vom Wasser verschluckbar sind, in Berührung gebracht wird, von jeder derselben aufnehme, hierüber hat Dalton folgendes Gesetz aufgestellt: *die Gröfse der Absorption hängt ab von der Dichtigkeit der einzelnen Gase, im unabsorbirt gebliebe-*

1 Nicholson's Journal 1803 Aug. p. 228 und 1804 Aug. p. 302; daraus in G. XX. 143.

nen Gasrückstand, und sie ist also dieselbe, wie wenn das Wasser mit jedem dieser Gase für sich in demselben ausgedehnten Zustande zusammenkäme. Da z. B. die Luft in 100 Mafsen 21 Mafs Sauerstoffgas und 79 Mafs Stickgas enthält, so wird Wasser, mit der freien Luft in Berührung, (wo also der Gasrückstand auch immer 21 Mafs Sauerstoffgas auf 79 Mafs Stickgas enthält,) 0,21 soviel Sauerstoffgas und 0,79 soviel Stickgas absorbiren, als es von den einzelnen Gasen im reinen Zustande aufgenommen haben würde, und da das Sauerstoffgas reichlicher absorbirt wird als das Stickgas, so nimmt hier das Wasser vom ersteren mehr auf, als dessen Verhältnifs zum Stickgas in der Luft entspricht. Nämlich vorausgesetzt 1 Mafs Wasser absorbire $\frac{1}{27}$ Mafs Sauerstoffgas und $\frac{1}{40}$ Mafs Stickgas, so wird 1 Mafs Wasser mit der Luft zusammengebracht, $\frac{1}{27} \times \frac{21}{100} = 0{,}00778$ Mafs Sauerstoffgas und $\frac{1}{40} \times \frac{79}{100} = 0{,}01975$ Mafs Stickgas, zusammen 0,02753 Mafs einer Luft absorbiren, welche 28,2 Procent Sauerstoffgas enthält. Ist dagegen das Wasser nur mit einer bestimmten, kleinen Menge Luft in Berührung, so kann es jetzt nicht so viel Sauerstoffgas aufnehmen, wie in freier Luft, weil die im Gasrückstand relativ zunehmende Menge des Stickgases bewirkt, dafs das Sauerstoffgas zu weniger, als zu 0,21 und das Stickgas zu mehr, als 0,79 verschluckt wird.

Für den Fall sowohl, dafs ein dem Wasser dargebotenes Gasgemenge gleichsam unendlich grofs ist, wie die freie Luft, wo der Gasrückstand dasselbe Verhältnifs der Mengung hat, wie das ursprüngliche Gemenge, als auch für den Fall, dafs ein eingeschlossenes Gasgemenge mit Wasser zusammenkommt, wo sich durch verschieden reichliche Absorption der einzelnen Gemengtheile durch das Wasser, das Verhältnifs der Gasarten gegen einander im unverschluckt bleibenden Rückstande ändern mufs, hat Dalton folgende Formel gegeben.

A, B, C etc. bedeuten den Umfang der einzelnen im Gasgemenge befindlichen 3 und mehr Gasarten vor der Absorption, a, b, c etc. den Rest derselben nach der Absorption; w den Umfang des Wassers, und $\frac{w}{m}$, $\frac{w}{\mu}$, $\frac{w}{p}$ das Raumsver-

Digitized by Google

hältnifs, in welchem jede dieser Gasarten für sich vom Wasser verschluckbar ist. Alsdann ist

$$A = a + \frac{w}{m} \cdot \frac{a}{a + b + c \text{ etc.}}$$

$$B = b + \frac{w}{n} \cdot \frac{b}{a + b + c \text{ etc.}}$$

$$C = c + \frac{w}{n} \cdot \frac{c}{a + b + c \text{ etc.}}$$

$$A + B + C \text{ etc.} = a + b + c \text{ etc.} + \frac{w}{a + b + c \text{ etc.}} \cdot \frac{a}{m} + \frac{b}{n} + \frac{c}{p} \text{ etc.}$$

Dalton wandte diese Formel auf Versuche an, welche Saussüre angestellt und als die Daltonsche Ansicht widerlegend betrachtet hatte. Saussüre fand nämlich, 1. dafs wenn er 100 Mafs Wasser mit einem Gemenge aus 217 Mafs kohlensauern und 217 Mafs Wasserstoffgas (zusammen 434 Mafs) zusammenbrachte, das Wasser nur 44 Mafs kohlensaures Gas und dagegen 3,5 Mafs Wasserstoffgas absorbirte. Da nun nach seinen Versuchen 100 Mafs Wasser 106 Mafs kohlensaures und 4,6 Mafs Wasserstoffgas absorbiren, in dem angewandten Gasgemenge aber beide Gasarten gleichsam auf das Doppelte ausgedehnt sind, so meint Saussüre, der Daltonschen Ansicht gemäfs habe das Wasser $\frac{106}{2}$ Mafs kohlensaures und $\frac{4,6}{2}$ Mafs Wasserstoffgas absorbiren müssen, während sich beim Versuch eine geringere Verschluckung des ersteren und eine gröfsere des letztern ergab. So fand auch Saussüre 2. dafs 100 Mafs Wasser aus einem Gemenge von 195 Mafs kohlensauren und 195 Mafs Sauerstoffgas (zusammen 390 Mafs) nur 47,1 des ersteren und dagegen 5 Mafs des letztern aufnahmen, und eben so 3. aus einem Gemenge von 178,5 kohlensauren und 178,5 Stickgas (zusammen 357 Mafs) nur 43,9 des erstern und 3,3 des letztern.

Hingegen erinnert Dalton mit Recht, dafs im Verhältnifs, als die leichter absorbirbare Gasart vom Wasser aufgenommen wird, das Verhältnifs im Rückstande sich ändert, worauf Saussüre keine Rücksicht nahm. Ja bei der Anwendung der eben angegebenen Formel auf diese Versuche von Saussüre erprobt sich die Richtigkeit der ersteren auf eine auffallende Weise. Setzt man nämlich bei diesen Versuchen A und B als unbekannt voraus, und sucht sie aus den übrigen

Digitized by Google

datis mittelst der Formel auf, so erhält man der Wahrheit so nahe kommende Resultate, dafs die geringen Abweichungen blofs darauf zu schieben sind, dafs die Absorbirbarkeit einer jeden Gasart, also m, n, p noch nicht ganz genau bestimmt ist. Bei Versuch 1, A und a = kohlensaurem Gas vor und nach der Absorption oder = 217 und 173; $m = \frac{1}{1,06}$; B und b = Wasserstoffgas vor und nach der Absorption oder = 217 und 213,5 und n = 22 gesetzt, sofern nach Saussüre 100 Wasser 4,6 oder 1 Mafs Wasser ungefähr $\frac{1}{24}$ Mafs Wasserstoffgas verschluckt, so findet sich

$$A = 173 + \frac{100.1,06}{1} \cdot \frac{173}{386,5} = 220,5 \text{ Mafs und}$$

$$B = 213,5 + \frac{100}{22} \cdot \frac{213,5}{386,5} = 216 \text{ Mafs}$$

$$A + B = 436,5 \text{ Mafs.}$$

Hier weicht das durch Berechnung gefundene ursprüngliche Volumen nicht sehr vom Wahren ab.

Bei Versuch 2 sey B und b und n für Sauerstoffgas, während A, a und m für kohlensaures Gas bleibt, und es werde angenommen, 1 Mafs Wasser nehme $\frac{1}{16}$ Mafs Sauerstoffgas auf, so ist

$$A = 147,9 + \frac{100.1,06}{1} \cdot \frac{147,9}{337,9} = 194,3 \text{ Mafs}$$

$$B = 190 + \frac{100}{16} \cdot \frac{190}{337,9} = 193,5 \text{ Mafs}$$

$$A + B = 387,8 \text{ Mafs}$$

Bei Versuch 3 werden B, b und n auf das Stickgas bezogen und mit Saussüre angenommen, 1 Mafs Wasser nehme $\frac{1}{24}$ Mafs Stickgas auf; so findet man

$$A = 134,9 + \frac{100.1,06}{1} \cdot \frac{134,9}{310,4} = 180,9 \text{ Mafs}$$

$$B = 175,5 + \frac{100}{24} \cdot \frac{175,5}{310,4} = 177,9 \text{ Mafs}$$

$$A + B = 358,8 \text{ Mafs}$$

Nimmt man endlich die von Saussüre aufgestellten Absorptionsgröfsen für Stickgas und Sauerstoffgafs an, nach welchen 1 Mafs Wasser $\frac{1}{24}$ Mafs Stickgafs und $\frac{1}{16}$ Mafs Sauerstoffgas aufnimmt; so ergiebt sich aus dieser Formel, dafs 100 Mafs Wasser = w der freien Luft dargeboten, wo das übrigbleibende Stickgas a = 79 und das übrigbleibende Sauerstoffgas b = 21 ist, absorbiren werden $\frac{100}{24} \times \frac{79}{100} = 3,39$ Mafs

Stickgas, und $\frac{100}{16} \times \frac{21}{100} = 1{,}31$ Mafs Sauerstoffgas, zusammen 4,6 Mafs, während nach Saussüre 100 Mafs Wasser 5 Mafs Luft absorbiren sollen. Uebrigens hält *Dalton*, wie oben erwähnt, die Absorptionen des Sauerstoffgases, Stickgases und der Luft, wie sie von Saussüre bestimmt sind, für zu grofs. Aus diesen daltonschen Principien ist leicht zu entwickeln, wie sich mit irgend einem Gase gesättigtes Wasser gegen ein anderes Gas verhalten wird. Kommt mit einem Gase A gesättigtes Wasser mit einer bestimmten eingeschlossenen Menge eines andern Gases B in Berührung, so wird das Wasser von A fahren lassen und von B aufnehmen, bis das aufser dem Wasser befindliche Gas ein Gemenge geworden ist eines Theiles von B mit einer bestimmten Menge von A. Es ist nämlich derselbe Fall, als wenn man mit gasfreiem Wasser sogleich ein Gemenge der beiden Gase A und B zusammenbrächte, und die obige Formel über den Einfluss des rückständigen Gasgemenges auf die Menge der Absorption findet auch hier ihre volle Anwendung. Die Menge welche das Wasser vom Gase A verschluckt behalten wird, ist nach derselben $= \frac{w}{m} \cdot \frac{a}{a+b}$ und vom Gase B wird das Wasser ausserdem aufnehmen $\frac{w}{n} \cdot \frac{b}{a+b}$. Sollte die Absorbirbarkeit der beiden Gase dieselbe seyn, also $m = n$, so mufs sich keine Umfangsveränderung in dem Gase B zeigen, mit welchem das mit A gesättigte Wasser geschüttelt wird, indem für den absorbirt werdenden Theil des Gases B gleiche Volumina des Gases A austreten werden. Sind dagegen beide Gase verschieden reichlich vom Wasser absorbirbar, so wird der Gasumfang zunehmen, wenn B weniger, er wird abnehmen, wenn B reichlicher absorbirbar ist, als A. Ebenso wird es sich verhalten, wenn das mit dem Gase A geschwängerte Wasser mit einem eingeschlossenen Gemenge der Gase B, C etc. zusammenkommt. Auch dann ist der absorbirt bleibende Theil von $A = \frac{w}{m} \cdot \frac{a}{a+b+c\,\text{etc.}}$ der absorbirt werdende Theil von $B = \frac{w}{n} \cdot \frac{b}{a+b+c\,\text{etc.}}$ und der von $C = \frac{n}{p} \cdot \frac{c}{a+b+c\,\text{etc.}}$ Es ist ferner leicht einzusehen, dafs im Verhältnifs, als der Umfang des im Wasser ursprünglich enthaltenen Gases A,

Digitized by Google

zu demjenigen Gase, mit welchem dieses Wasser jetzt zusammengebracht wird, abnimmt, in diesem Verhältnisse von dem Gase A auch immer weniger absorbirt bleibt, weil dann der Bruch $\frac{a}{a+b+c \text{ etc.}}$ einen immer kleinern Werth erhält, und dafs in eben diesem Verhältnisse die Gase B, C, etc. reichlicher verschluckt werden; dafs endlich, wenn man mit dem Gase A gesättigtes Wasser mit einer unendlich grofsen Menge anderer Gase zusammenbringt, der Bruch $\frac{a}{a+b+c \text{ etc.}}$ unendlich klein wird, also alles Gas A ausgetrieben werden mufs. Dieses erfolgt, wenn man Wasser, welches z. B. mit Wasserstoffgas, Kohlenoxydgas, Stickoxydulgas u. s. w. gesättigt ist, der freien atmosphärischen Luft darbietet, wo es diese Gase bald vollständig verliert, und zu gewöhnlichem lufthaltigem Wasser wird. Auch erfolgt dieses theilweise bei mit Kohlensäure gesättigtem Wasser; weil aber die atmosphärische Luft selbst etwas kohlensaures Gas beigemengt enthält, so wird der Bruch $\frac{a}{a+b+c \text{ etc.}}$ in diesem Falle nicht unendlich klein (in der Luft 0,0005 Mafse kohlensaures Gas angenommen, wäre er $\frac{1}{2000}$), und das Wasser hält demnach eine kleine Menge dieses Gases zurück.

Diesen Daltonschen Ansichten über das Verhältnifs des Wassers gegen ein Gemenge mehrerer Gasarten, oder des mit einem Gase gesättigten Wassers gegen ein anderes Gas, entsprechen alle bis jetzt darüber bekannte Erfahrungen, von denen die wichtigsten hier folgen:

Schon Brownrich[1] bemerkte, dafs kohlensaures Gas haltendes Mineralwasser, in einem ganz damit gefüllten, und mit einer nachgiebigen Blase zugebundenem Gefäfse, selbst bei schwacher Erwärmung kein Gas entwickelt, bei stärkerer nur einen Theil, da es andererseits bekannt ist, dafs ein solches Wasser, der Luft dargeboten, bald seine Kohlensäure verliert.

Cavendish liefs bei 13° C. zu 1 Mafs kohlensaurem Gas, dem etwas Luft beigemengt war, Wasser in 4 kleinen Antheilen treten, und bemerkte, laut beifolgender Tabelle, dafs

1 Phil. Tr. LV. 233. LXIV. 359.

die ersten Antheile Wasser mehr Gas verschluckten, als die letzteren, weil nämlich im Verhältnifs, als im Gasrückstand relativ die Menge der atmosphärischen Luft zunahm, die Absorption der Kohlensäure abnehmen mufste.

Hinzugelassenes Wasser		Mafse Gas von einem jeden Antheil Wasser verschluckt		Mafse Gas die übrig blieben		100 Mafs Wasser verschluckten daher Gas
Antheile.	Mafse					
1,	— 0,322	—	0,374	—	0,626	116.
2,	— 0,481	—	0,485	—	0,141	107.
3,	— 0,082	—	0,048	—	0,093	102,5.
4,	— 0,145	—	0,079	—	0,014	95,5.

Dasselbe lehrt die oben mitgetheilte Tabelle Henry's, wo die Absorption des kohlensauren Gases durch Wasser um so reichlicher erscheint, je mehr dieses überschüssig ist, je weniger also die kleinen Mengen zufällig beigemengter Luft die Verschluckung hindern können.

Pictet[1] erzählt, dafs wenn man mit lufthaltigem Wasser künstliches Sauerwasser bereiten will, man das kohlensaure Gas mit demselben unter einem Druck von 3 — 4 Atmosphären zusammenbringt, wodurch dieses zum Theil verschluckt, die Luft hingegen, da das kohlensaure Gas beträchtlich vorwaltet, gröfstentheils ausgetrieben wird, dafs man dann diese Luft durch einen Hahn, den man öffnet, nebst kohlensaurem Gas herausläfst, und nun erst im Stande ist, das Wasser mit einer grofsen Menge von Kohlensäure anzuschwängern.

Ueber das Verhalten des Wassers zu dem Gasgemenge, wie es die atmosphärische Luft darstellt, sind viele Erfahrungen bekannt. Schon Boyle, Huygens u. A. bemerkten, dafs das Wasser lufthaltig sey. Priestley erkannte zuerst, dafs die aus dem Wasser ausgetriebene Luft mehr Sauerstoffgas enthalte, als die atmosphärische.

Henry erhitzte 118,25 C. Zoll Brunnenwasser (welches als völlig mit Luft gesättigt, angesehen werden kann) von denen 117,5 C. Z. das Gefäfs und 0,75 C. Zoll die Gasentwicklungsröhre füllte, 6 — 7 Stunden lang in einem Gefäfs, in welchem Salzwasser gekocht wurde, und fing das sich hierbei entwickelnde Gas in 4 Antheilen über Quecksilber auf.

1 Bibl. Brit. daraus in G. XXVIII. 414.

Digitized by Google

Antheil.	Cubikzoll entwickeltes Gasgemenge	enthält in Cubikzoll kohlensaures Gas.	Sauerstoffgas.	Stickgas.
1	— 1,25	— 0,50	— 0,20	— 0,55
2	— 1,25	— 0,85	— 0,16	— 0,24
3	— 1,63	— 1,23	— 0,16	— 0,24
4	— 0,50	— 0,49	— 0,01	— 0,00
Zusammen	4,63	— 3,07	— 0,53	— 1,03.

Ferner enthielt die Entwickelungsröhre nach 0,75 C. Zoll Gas, ohne Zweifel fast blofs kohlensaures, da auch der letzte entwickelte Antheil fast blofs daraus bestanden hatte; und da ausserdem 4,5 C. Zoll beim Kochen übergegangen waren, welche sich über dem Quecksilber wieder mit Luft sättigten, so kann man annehmen, dafs 113 (117,5 — 4,5) C. Zoll Brunnenwasser 5,38 (4,63 + 0,75) C. Zoll Gasgemenge entwickelt haben, oder 100 Mafs Wasser 4,76 Mafse Gas, welches 3,38 Mafs kohlensaures Gas, 0,47 Mafs Sauerstoffgas und 0,91 Stickgas enthält. — Da Henry gewöhnliches Brunnenwasser anwandte, welches vermuthlich sauren kohlensauren Kalk enthielt, so ist hierdurch vielleicht die Menge der Kohlensäure beträchtlicher gefunden worden, als es etwa bei reinem mit Luft gesättigtem Wasser der Fall gewesen wäre.

A. v. Humboldt und Gay-Lüssac entwickelten aus verschiedenen Arten von Wasser durch langes Kochen die Luft (deren Umfang beim Schnee und Seinewasser ungefähr 0,04 von dem des Wassers betrug) und fanden, dafs 100 Mafs der so erhaltenen Luft an Sauerstoffgas enthalte: bei distillirtem Wasser: 32,8 bei Regenwasser 31,0 bei Schneewasser 28,7 und bei Seinewasser 29,1 bis 31,9 Mafs. Auch sie fanden, dafs das Wasser das Sauerstoffgas fester zurückhielt, als das Stickgas, so dafs, wenn man die aus dem Seinewasser durch Erhitzen entwickelte Luft in 4 Antheilen auffängt, der erste in 100 Mafsen 23,7, der zweite 27,4, der dritte 30,2. und der vierte 32,5 Mafs Sauerstoffgas enthält; so zeigte auch die erste aus Schneewasser entwickelte Luft nur 24,0, die zweite 26,8, die dritte 29,6, die vierte 32,0 und die fünfte 34,8 Procent Sauerstoffgas dem Umfange nach. Wenn Wasser, welches mit den gasigen Gemengtheilen der Luft gesättigt ist, den einen derselben wieder

Digitized by Google

an andere Körper abtritt, so wird es denselben wieder aus der Luft aufnehmen. So fand schon Priestley[1] dafs Wasser, welches in einem grofsen hölzernen Troge faulig geworden war, wobei das verschlucktgewesene Sauerstoffgas desselben von der organischen Materie entzogen wurde, beim Schütteln mit Luft derselben schnell ihr Sauerstoffgas so vollständig entzog, dafs der Rückstand derselben nicht weiter durch Salpetergas vermindert wurde. Ganz dasselbe beobachtete Dalton. Demnach ist die Fäulnifs des Wassers wohl nicht die einzige Ursache dieser Erscheinung. Ingenouss[2] beobachtete eine bedeutende Verschlechterung der Luft beim Schütteln derselben mit gewöhnlichem oder mit Kalkwasser; Berger fand, dafs wenn man Luft so lange mit gewöhnlichem Wasser in Berührung läfst, bis 20 Procent verschluckt sind, der Rückstand beim Sauerstoffgas mehr enthält, und in beiden Fällen ist von einem fauligen Zustande des Wassers nichts bemerkt worden, ja beim Kalkwasser wäre eine solche Annahme sehr unwahrscheinlich. Vielleicht hängen diese noch nicht erklärbaren Beobachtungen mit andern von de Marty bemerkten und gegen Daltons Ansicht sprechenden Erfahrungen zusammen. Bringt man nämlich ausgekochtes, dann mit Stickgas gesättigtes Wasser mit Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas zusammen, so entwickelt sich nach de Marty blofs im Anfang etwas Stickgas, welches aber beim Schütteln wieder verschluckt wird, und das Wasser nimmt also neben sämmtlichem Stickgas, mit dem es zuvor gesättiget war, noch eine gewisse Menge von Sauerstoffgas oder Wasserstoffgas auf. Aus diesem Grunde bedient sich de Marty des mit Stickgas gesättigten Wassers, als eines eudiometrischen Mittels, welches beim Schütteln mit kleinen Mengen Luft, blofs ihre 21 Procent Sauerstoffgas absorbirt. Auch dient nach ihm ebenso gut Wasser, welches mit der ganzen atmosphärischen Luft gesättigt ist, da nach der oben angeführten Erfahrung Wasser, welches sich mit Sauerstoffgas gesättigt hat, nach einiger Zeit immer wieder das Vermögen erlangt, frisches zu verdichten, während die Absorp-

1 Phil. Tr. LXIV. 91 u. 92.

2 Vermischte Schriften, übers. von Molitor II. 82.

tion des Stickgases sogleich beendigt ist. Ist diese Erscheinung richtig, so erklärt sie völlig die Angabe von Ingenhouss und von Bergen.

Gay-Lüssac und Humboldt haben untersucht, welche Veränderungen Gasarten erleiden, deren unten offene Gefäfse mit Seinewasser, das mit der Luft in Berührung steht, gesperrt sind. Läfst man 100 Mafs Sauerstoffgas auf diese Weise 6 — 8 Tage stehen, so bleiben 60 Mafse übrig, welche 23 Mafs Sauerstoffgas und 37 Mafs Stickgas enthalten; so lassen 100 Mafs Wasserstoffgas 95 bis 97 Mafse übrig, deren Natur nicht genau bestimmt wurde; 100 Mafs Stickgas 97 bis 98 Mafs, worin 11 Mafs Sauerstoffgas. Gemenge aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas zeigen dann die stärkste Verminderung, wenn das Sauerstoffgas vorwaltet; ein Gemenge von gleichen Mafsen dieser Gase läfst einen Rückstand, der in 100 enthält: 50 Wasserstoffgas, 30 Sauerstoffgas und 20 Stickgas; ein Gemenge von 400 Mafsen Sauerstoffgas auf 200 Wasserstoffgas, läfst 562 Mafse, von welchen 142 Mafs Wasserstoffgas, 174 Mafs Sauerstoffgas und 246 Mafs Stickgas sind. Diese Versuche zeigen, dafs sich keine Gasart durch Wasser genau sperren läfst; denn das lufthaltige Wasser wird nach den obigen Gesetzen da, wo es mit dem Gase in Berührung ist, einen Theil desselben verschlucken, und dagegen einen Theil der Luft ausstofsen, die es enthält. Die mit dem gesperrten Gas gesättigten Wassertheile gelangen durch irgend eine, durch Temperaturveränderung oder Erschütterung veranlafste Bewegung anderswohin, stofsen an der Luft das fremdartige Gas aus, und machen neuen Theilen von Wasser Platz, um mit dem gesperrten Gase einen ähnlichen Tausch einzugehen, u. s. w. Nach einer gewissen Zeit müfsten die Gefäfse blofs noch atmosphärische Luft enthalten (wenn nicht eine sauerstoffgasärmere); doch ist bei diesen Versuchen auffallend, dafs das Sauerstoffgas in viel gröfserer Menge verschluckt wird, als die übrigen Gasarten, noch dazu von lufthaltigem Wasser, welches doch schon zum Theil damit gesättigt ist, und diese Versuche von Humboldt und Gay-Lüssac beweisen theils die besonders schnelle Verschluckbarkeit dieses Gases, theils können sie vielleicht als Belege von de Marty's Erfahrungen über die

Digitized by Google

Insatiabilität des Wassers mit diesem Gase angesehen werden.

Das bis jetzt über die Absorbirbarkeit von Gasgemengen Gesagte gilt blofs von denjenigen Gasarten, von denen das Wasser höchstens seinen gleichen Umfang verschluckt. Ueber das Verhalten des Wassers zu den Gemengen leichter verschluckbarer Gasarten fehlen genaue Beobachtungen, und wiewohl wir auch hier im Allgemeinen annehmen dürfen, dafs (sobald die Gase unter einander keiner chemischen Verbindung fähig sind) die Gegenwart des einen Gases die Absorption des andern geringer macht, und umgekehrt, und dafs ein Gas das andere zum Theil aus dem Wasser austreibt, so ist doch diese Verminderung der Absorption nicht so beträchtlich, wie bei den schwierig verschluckbaren Gasarten, und die Formel von Dalton findet hier gewifs keine Anwendung, wie er auch selbst dieses nicht will.

Die *Schnelligkeit*, mit welcher die Absorption eines Gases durch Wasser erfolgt, hängt von denselben Umständen ab, wie die Menge, in der es verschluckt wird, und aufserdem von der Menge der Berührungspuncte, und es läfst sich im Allgemeinen sagen: je reichlicher absorbirbar und je comprimirter ein Gas ist, je niedriger die Temperatur, jemehr fremdartige Gasarten entfernt sind und je ausgedehntere Berührungsfläche statt findet, oder durch Hereinlassen des Gases zum Wasser in Gestalt von kleinen Blasen oder durch Quirlen, Schütteln u. s. w. die Zahl der Berührungspuncte vermehrt wird, desto rascher nimmt das Wasser ein gewisses Gewicht Gas auf. Hierauf beruht vorzüglich die Einrichtung des Woulfeschen Apparats, der Parkerschen Maschine und der gröfseren zur Bereitung künstlicher Sauerwässer angewandten Apparate.

Ausgekochtes Wasser mit einer überschüssigen Menge eines schwierig verschluckbaren Gases geschüttelt, ist nach Dalton in ungefähr 1 bis 3 Minuten damit gesättiget; in der Röhre sättiget sich dagegen das Wasser mit solchen schwierig verschluckbaren Gasen erst in mehreren Tagen. Wie schnell jedoch vorzüglich das Sauerstoffgas von nicht geschütteltem Wasser verschluckt wird, beweisen die Versuche von Carradori. Läfst man nämlich einen Fisch in mit Oel bedeck-

Digitized by Google

tem Wasser, bis er asphyktisch wird, wobei das Wasser alles Sauerstoffgas verloren hat, so braucht man dasselbe blofs nach Entfernung des Oels in eine flache Schale auszugiefsen, und der Fisch wird wieder lebendig, und lebt, wenn man jetzt das Wasser wieder in die Flasche zurückgiefst und mit Oel bedeckt, noch $\frac{1}{2}$ Stunde darin fort. Das Wasser verschluckt das holzsaure Gas so schnell, dafs wenn man ein mit diesem Gase gefülltes Gefäfs mit der Oeffnung unten über Wasser bringt, dasselbe mit einer solchen Gewalt in dasselbe stürzt, wie wenn das Gefäfs luftleer gewesen wäre.

Bei jeder Verschluckung der Gasarten durch Wasser scheint *Wärme frei zu werden.* Dieses ist am auffallendsten bei den reichlich absorbirbaren Gasarten, wie bei salzsaurem Gas u. s. w. wo die Temperatur des Wassers über 100° steigen kann. Doch ist sie auch noch bei denjenigen Gasarten bemerklich, von denen das Wasser seinen gleichen Umfang verschluckt. So beträgt nach Henry die Temperaturerhöhung bei der Sättigung des Wassers durch kohlensaures Gas $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$° F.; hydrothionsaures und Stickoxydulgas bewirken nach ihm eine geringere Wärmeentwickelung; bei denjenigen Gasarten, welche in noch kleineren Verhältnissen vom Wasser aufgenommen werden, ist zwar eine sehr kleine Temperaturerhöhung wahrscheinlich, aber noch nicht beobachtet worden.

Das Wasser geht durch die Absorption der Gase in einen *ausgedehnteren Zustand* über. Dieses ist am auffallendsten bei solchen Gasarten, von denen es viele Mafse verschluckt; so liefern nach Thomson's Berechnung 1000 Mafse Wasser bei der Sättigung mit Ammoniakgas 1666 mit salzsaurem Gas 1500 mit schwefligsaurem Gas 1040 und mit Chlorgas 1002 Mafse Flüssigkeit; so fand Bergmann[1], dafs das specifische Gewicht des mit kohlensauren Gase bei gewöhnlichem Luftdruck gesättigten Wassers 1,0015 beträgt; da nun 1 Mafs Wasser ungefähr 1 Mafs kohlensaures Gas, oder dem Gewichte nach 10000 Theile Wasser 18 Theile Kohlensäure aufnehmen, so müfste das specifische Gewicht des mit

1 Opuscula chem. et phys. Vol. I. p. 9.

Digitized by Google

Kohlensäure gesättigten Wassers 1,0018 betragen, wenn dasselbe sich bei dieser Verbindung nicht ausgedehnt hätte.

Die Umstände, unter welchen ein vom Wasser verschlucktes Gas sich wieder aus demselben *entwickelt*, sind, wie sich zum Theil aus Obigem ergiebt: 1. Luftverdünnung. 2. Temperaturerhöhung, besonders Siedhitze. 3. Hinzutreten anderer Gase. 4. Hinzutreten nicht gasförmiger, mit Wasser mischbarer Substanzen. 5. Gefrieren des Wassers. 6. Besondere mechanische Veranlassungen. 1. Wird mit einem Gase gesättigtes Wasser unter die Glocke einer Luftpumpe gesetzt und dieselbe exantlirt, so wird das im Wasser enthaltene Gas, der Weite der Glocke entsprechend, ausgedehnt, und von diesem ausgedehnten Gase behält das Wasser nur soviel Maſse, als vorher von dem unter dem gewöhnlichen Luftdruck befindlichen, während der übrige Theil des Gases die Glocke füllt. Wird nun dieser Theil wieder durch Auspumpen entfernt, so wird das übrige im Wasser enthaltene Gas wieder in einen ausgedehntern Zustande übergehen, und in diesem zum Theil das Wasser verlassen, um die Leere der Glocke auszufüllen; und es ist einzusehen, wie bei fortgesetztem Auspumpen nur ein geringer Theil des Gases im Wasser zurückbleiben wird. Doch ist diese Entwickelung immer nur unvollständig, und zwar aus folgenden Gründen: 1. Weil man der Einrichtung der Luftpumpen gemäſs, nicht ganz luftleer auspumpen kann. 2. Weil die Anziehung des Wassers zur Gasart der Entwickelung derselben Schranken zu setzen scheint, sobald die Menge des in dem Wasser enthaltenen Gases auf ein gewisses Minimum heruntergegangen ist, wo bei weiterm Exantliren die Verbindung des Wassers mit dem Gase als Ganzes elastisch wird, ohne daſs das Gas für sich entwickelt würde. Dieses scheint bei den wenig verschluckbaren Gasarten erst dann einzutreten, wenn nur noch kleine Mengen derselben im Wasser befindlich sind, doch fanden Saussüre und Andere, daſs sich selbst die Gemengtheile der Luft durch bloſses Auspumpen nicht völlig von Wasser scheiden lassen; bei den reichlich verschluckbaren Gasen, wie bei salzsauren Gas, tritt dagegen dieser Punct sehr bald ein, wo noch die gröſste Menge des Gases mit dem Wasser verbunden ist, welche Verbin-

Digitized by Google

dung bei weiterem Auspumpen als solche verdampft, ohne ein reineres Wasser zurückzulassen.

2) Die Siedhitze treibt theils insofern einen Theil des Gases aus, als Temperaturerhöhung überhaupt die Elasticität des Gases vermehrt, und vielleicht auch noch aufserdem die Absorbirbarkeit schwächt; theils wirkt sie vorzüglich durch die Dampfbildung. Wird Wasser, welches mit einem schwierig verschluckbaren Gase verbunden ist, nicht blofs bis an 100° erhitzt, sondern wirklich ins Sieden gebracht, so entwickelt sich das Gas viel reichlicher, und zwar um so vollständiger, je länger man mit dem Sieden anhält. Diese vollständigere Entwickelung ist nicht blofs eine Folge der Temperaturerhöhung an und für sich, sondern besonders der dadurch bewirkten Bildung von Wasserdampf. Wie dessen Gegenwart hierauf Einfluss habe, hierüber werden unten mehrere Ansichten mitgetheilt werden. Doch hängen manche wenig absorbirbare Gasarten dem Wasser höchst innig an, besonders das Sauerstoffgas, welches auch durch fortgesetztes Kochen nicht völlig ausgetrieben werden zu können scheint. Priestley brachte lufthaltiges Wasser in eine, oben zur Kugel erweiterte und mit Quecksilber gefüllte Barometerröhre, stürzte sie um, brachte das Wasser zum Kochen und schüttelte, liefs durch Umkehren des Barometers die entwickelte Luft heraus, gofs Quecksilber nach, und wiederholte diesen Versuch gegen 30 mal, und so oft er ihn auch wiederholte, so oft entwickelte sich auch etwas Luft, so dafs er es für möglich hielt, das Wasser völlig in Luft zu verwandeln, was ihm jedoch nicht gelang. Carradori erhielt Wasser sehr lange im Kochen, füllte mit dem siedenden Wasser eine Glasflasche mit enger Oeffnung bis oben voll, liefs es, mit Oel bedeckt, erkalten, nahm dann das Oel auf einen Augenblick ab, brachte einen kleinen Fisch in die Flasche, und dann sogleich wieder das Oel darüber. Der Fisch lebte und athmete noch eine Zeitlang darin, während Fische im Wasser, welches kein Sauerstoffgas mehr enthielt, augenblicklich sterben. Schon Priestley stellte diesen Versuch mit demselben Erfolge an. Auch de Lüc überzeugte sich, dafs man, um vollkommen luftfreies Wasser zu erhalten, das Wasser in einem verschlossenen Kolben

fast 16 Tage lang beständig schütteln und häufig kochen mufs, wobei man den in eine Spitze ausgezogenen und zugeschmolzenen Hals des Kolbens öffnet, und nach dem Aufhören des Kochens immer sogleich wieder zuschmelzt.

Bei reichlich absorbirbaren Gasarten, wie bei salzsaurem Gas, wiederholt sich das von der Aufhebung des Luftdruckes Gesagte; nämlich nachdem hier ein Theil des Gases beim Erhitzen als solches entwickelt worden ist, so wird die rückbleibende Verbindung als Ganzes verdampfen, wovon blofs das so reichlich verschluckbare Ammoniakgas, welches durch geringe Erhitzung ausgetrieben werden kann, eine auffallende Ausnahme macht.

3. Wie Wasser, welches mit einem Gase verbunden ist, einen grofsen Theil desselben fahren läfst, wenn es mit einem andern in Berührung kommt, und zwar in um so grösserer Menge, je reichlicher absorbirbar und in je gröfserer Menge vorhanden das andere Gas ist, hievon war bereits oben die Rede.

4. Löset man verschiedene Salze im Wasser, welches irgend ein Gas enthält, oder mischt man dies Wasser mit Vitriolöl und einigen anderen tropfbaren Flüssigkeiten, so vermindert sich durch die neue Verbindung, in welche das Wasser tritt, die absorbirende Kraft desselben, und es läfst einen Theil des verschluckten Gases entweichen. Sättigt man Seinewasser mit Kochsalz, so entwickelt sich hierbei nach v. Humboldt und Gay-Lüssac ungefähr die Hälfte von derjenigen Luft, welche sich durch fortgesetztes Sieden entwickeln würde, und zwar enthält diese durch das Kochsalz entwickelte Luft nur 22,5 Procent Sauerstoffgas, während die sämmtliche, durch das Kochen entwickelte 30,5 enthält. Also treibt das Kochsalz, wie die Hitze im Anfang, verhältnifsweise mehr Stickgas aus.

Bei reichlich verschluckbaren Gasarten kommen solche theilweise Entwickelungen durch Zusatz anderer Körper ebenfalls vor; so entwickelt Wasser, welches nur mäfsig mit salzsaurem Gas gesättigt ist, so dafs es beim Kochen keines entwickelt, beim Vermischen mit Vitriolöl sehr viel Gas.

5. Ist das Wasser mit einem von denjenigen Gasen vereinigt, von welchem es nur höchtsens sein gleiches Mafs

aufnimmt, und wird es einer Kälte ausgesetzt, bei welcher es sich in Eis verwandelt, so entwickelt sich im Moment des Festwerdens das verschluckte Gas aus demselben. Dies ist eine der Ursachen, warum lufthaltiges Wasser beim Gefrieren die Gefäfse sprengt, das Eis erscheint mit vielen Luftbläschen erfüllt. Ob sich beim Gefrieren lufthaltigen Wassers alle Luft entwickele, oder nur ein Theil, während der andere mit dem Eise verbunden bleibt, ist noch eine Streitfrage, doch ist Ersteres wahrscheinlicher. Läfst man Eis von lufthaltigem Wasser schmelzen, so entwickelt es nach von Humboldt und Gay-Lüssac beim Kochen halb so viel Luft, als solches Wasser, welches ganz mit Luft gesättigt ist. Schneewasser giebt jedoch nach denselben beinahe eben soviel Luft, wie Seinewasser, wobei diese Physiker allerdings die Vermuthung äufsern, dafs das Wasser vielleicht während des Schmelzens die zwischen dem Schnee eingeschlossene Luft aufgenommen habe. Carradori's Ansicht ist, dafs das Eis und der Schnee gar keine Luft gebunden enthalten, und das Gefrieren also ein Mittel ist, das Wasser völlig von Luft zu befreien, dafs aber, wenn man diese Körper beim Zutritt von Luft schmelzen läfst, das erzeugte Wasser dieselbe, besonders das Sauerstoffgas schnell aufnimmt. Er füllte eine Flasche mit Schnee, Eis oder Hagel völlig an, und füllte nach, so wie durchs Schmelzen im Halse der Flasche eine Leere entstand, bedeckte das erzeugte Wasser mit Oel und liefs es auf die gewöhnliche Temperatur kommen. Hierin starben Fische augenblicklich, da sie im Wasser, welches nur höchst wenig Sauerstoffgas verschluckt enthält, doch einige Zeit fortleben. Wenn man dagegen Schnee oder Eis in einer flachen Schale schmelzen liefs, so blieb ein Fisch in diesem Wasser, nachdem es mit Oel bedeckt war, um weitere Absorption von Sauerstoffgas zu hindern, $\frac{1}{2}$ Stunde lang lebendig. Stimmen nun gleich die Erfahrungen von Gay-Lüssac und Humboldt einerseits und von Carradori andererseits nicht ganz mit einander überein, so widerlegen sie doch auf's bestimmteste eine frühere Behauptung des ungenauen Hafsenfratz, nach welcher das Schneewasser mehr

Sauerstoffgas als anderes Wasser enthalten, und dadurch seine besonderen Wirkungen auf die Vegetation hervorbringen sollte.

Dafs auch das kohlensaure Gas beim Gefrieren des Wassers fast völlig ausgetrieben wird, bemerkte schon Brownrigge [1]. Die Verbindungen des Chlor - Ammoniaksalzsauren und anderer reichlich verschluckbaren Gase scheinen sämmtlich beim Gefrieren kein Gas fahren zu lassen, sondern theils über, häufiger unter 0° als Ganze zu gestehen.

6. Zu den mechanischen Umständen, welche die Entwickelung der Gase aus dem Wasser veranlassen, sind folgende zu rechnen.

a. Wenn gashaltiges Wasser unter einem geringern äufsern Druck, oder in eine höhere Temperatur gebracht wird, als bei welcher es gesättigt wurde, so entweicht der Theil des Gases, der nach Obigem frei werden sollte, nicht immer sogleich; seine Entwickelung wird jedoch beschleuniget theils durch Schütteln, theils durch Hineinwerfen von Sand, Blattsilber und andern eckigen Körpern, Hineintauchen eines Glasstabes, Drathes u. s. w., und wir sehen die hineingebrachten Körper sogleich mit einer Menge Gasblasen bedeckt [2]. Bis jetzt fehlt es noch an einer genügenden Erklärung theils der Erscheinueg, dafs die Gase sich nicht sogleich entwickeln, sondern vermöge einer Art Trägheit im Wasser noch einige Zeit in gröfserer Menge bleiben, als sie nach gegebenem Druck und Temperatur absorbirt werden können, — theils der Erscheinung, dafs mechanische Mittel die Entwickelung beschleunigen. Vielleicht ist es, wie Oerstädt annimmt, eine Unmöglichkeit, dafs sich eine Gasblase mitten in einer homogenen Flüssigkeit bildet. Die Gasbildung geht vielleicht blos vor sich, da wo die Flüssigkeit einen festen Körper oder eine heterogene tropfbare Flüssigkeit, oder, an der Oberfläche, die Luft berührt. Wir sehen auch, wie die Blasen vorzüglich von den Wendungen des Gefäfses aufsteigen, und dann allerdings beim Aufsteigen

1 Phil. Trans. LXIV. 361.

2 Vergl. Oerstädt ins Gehlen's Journal für Chemie und Phys. Bd. 1 S. 277.

Digitized by Google

noch beträchtlich zunehmen. Schütteln mufs dann die Gasbildung beschleunigen, weil es immer wieder neue Antheile der Flüssigkeit, aus dem Innern der Masse mit den Wendungen des Gefäfses in Berührung bringt; eben so vermehrt das Hineinwerfen fester, besonders verkleinerter Körper die Oberfläche, an welcher die Blasenbildung vor sich gehen kann.

b. Pearson[1] fand, dafs wenn man durch Wasser, welches durch die Luftpumpe oder durch Auskochen möglichst von Luft befreit ist, und sich in einer oben verschlossenen und einen Drath haltenden, unten offenen, mit Quecksilber, oder, bei Anwendung einer metallischen Schale, mit Wasser gesperrten Glasröhre befindet, elektrische Schläge leitet, sich, neben dem, durch Zersetzung des Wassers entstandenen Sauerstoffgas und Wasserstoffgas eine beträchtliche Menge atmosphärischer Luft entwickelt, welche nach dem Verpuffen der beiden ersten Gasarten übrig bleibt. So oft er auch mit demselben Wasser den Versuch wiederholte, so oft war der Knallluft atmosphärische Luft beigemengt. Doch war der Apparat offenbar so eingerichtet, dafs das Wasser Gelegenheit hatte, von aufsen immer wieder neue atmospärische Luft aufzunehmen, und der Versuch beweist nur, dafs auch elektrische Schläge im Stande sind, dieselbe zu entwickeln, selbst wenn sie sehr wenig beträgt.

b) Verschluckung der Gasarten durch die übrigen Flüssigkeiten.

Diejenigen, über deren absorbirendes Vermögen Erfahrungen existiren, sind 1. flüssige Verbindungen des Wassers mit andern Materien, 2. an und für sich flüssige organische Verbindungen 3. flüssige Metalle.

1. Saussüre brachte Vitriolöl und die Auflösung der Weinsteinsäure, mehrerer Salze und einiger organischer Materien im Wasser mit kohlensaurem Gas zusammen, und fand, dafs 1 Mafs solcher Flüssigkeiten folgende Mengen die-

---

1 Philos. Trans. LXXXVII. 142 daraus in Crell Annalen 1798 Bd. I. S. 122 und im Auszug in G. II. 154 und 166.

ses Gases verschluckt. (Die dritte Columne giebt die Menge der Materie an, welche in 100 Theilen der Auflösung enthalten ist; tr. bedeutet, dafs diese Materie im trockenen, tr., dafs sie im Krystallwasser — haltenden Zustande gemeint ist.)

	Spec. Gew. der Flüssigkeiten	Procente fremder Materie	Absorbirtes Gas
Wasser	1,000	0	1,06.
Schwefelsäure	1,840	76,0 tr.	0,45.
Weinsteinsäure	1,285	53,37 kr.	0,41.
Salmiak	1,078	27,53 tr.	0,75.
Schwefelsaures Kali	1,077	9,42 tr.	0,62.
Chlorkalium	1,168	26,0 tr.	0,61.
Salpetersaures Kali	1,139	20,6 tr.	0,57.
Schwefelsaures Natron	1,105	11,14 tr.	0,58.
Kochsalz	1,212	29,0 tr.	0,329.
Salpetersaures Natron	1,206	26,4 tr.	0,45.
Chlorkalium	1,402	40,2 tr.	0,261.
Alaun	1,047	9,14 kr.	0,70.
Zucker	1,104	25,0 kr.	0,72.
Gummi arab.	1,092	25,0	0,75.
Wässriger Weingeist	0,840	83,0 tr.	1,87.

Diese Tabelle zeigt, dafs alle untersuchten Verbindungen des Wassers mit andern Materien, den wässrigen Weingeist ausgenommen, das kohlensaure Gas minder reichlich aufnehmen, als das reine Wasser, wie sich dieses schon aus der oben berührten Thatsache ableiten liefs, dafs lufthaltiges Wasser beim Auflösen von Salzen einen Theil der Luft entwickelt; auch zeigt sie, dafs die zäheren wässrigern Lösungen z. B. die des Zuckers und Gummi's nicht gerade weniger verschlucken, als andere; nur fand Saussüre, dafs solche klebrige Flüssigkeiten bedeutend längere Zeit zu ihrer Sättigung mit dem Gase nöthig haben. Dafs auch die übrigen Gasarten in geringerer Menge von solchen wässrigen Gemischen aufgenommen werden, als vom reinem Wasser, wird aus folgenden Versuchen von Saussüre wahrscheinlich, wo er verschiedne Gasarten einerseits mit Wasser, andererseits mit einer gesättigten wässrigen Lösung des Chlorkaliums zusammenbrachte.

Digitized by Google

Es verschluckt	1 Mafs Wasser	1 Mafs Chlorkalium-Lösung
Kohlensaures Gas	1,06 Mafs	0,61 Mafs
Stickoxydulgas	0,76 -	0,29.
Oelerzeugendes Gas	0,155 -	0,10.
Kohlenoxydgas	0,062 -	0,052.

2. Schon Priestley zeigte, dafs der Luft ausgesetzt gewesener Weingeist, (freilich Wasserhaltender) beim Erhitzen in der Torricellischen Leere neben brennbarer Luft (Weingeistdampf?) auch atmosphärische Luft entwickele; desgleichen der Luft ausgesetzt gewesenes Terpentinöl neben brennbarer Luft auch Stickgas. Cavendish liefs zu 1 Mafs kohlensaurem Gas über Quecksilber bei 8° C. wässrigen Weingeist in 4 Antheilen treten.

Weingeist Antheil. Mafse	durch jeden Antheil absorbirtes Gas. Mafse.	Gasrückstand.
1 — 0,207	0,207	0,547.
2 — 0,146	0,274	0,273.
3 — 0,074	0,103	0,170.
4 — 0,046	0,030	0,140.

Hieraus schlofs er, dafs 1 Mafs Weingeist bei 8° C. 2,25 Mafse kohlensaures Gas verschluckt. Auch fand er, dafs 1 Mafs Olivenöl bei derselben Temperatur etwas über 1 Mafs kohlensaures Gas verschluckt, jedoch etwas langsam.

Die wichtigsten Versuche sind wiederum folgende, von Saussüre bei 18° C. angestellt.

1 Mafs	spec. Gewicht	verschluckt Mafse kohlensaures Gas.
Absoluter Weingeist	0,803	2,6.
Wässriger Weingeist	0,840	1,87.
Schwefeläther	0,727	2,17.
Rectificirtes Steinöl	0,784	1,69.
Frisch distillirtes Lavendelöl.	0,88	1,91.
Thymianöl	0,89	1,88.
Terpentinöl	0,86	1,66.
Leinöl	0,94	1,56.
Baumöl	0,915	1,51.

Digitized by Google

Ferner verschluckt nach Saussüre bei 18° C. 1 Mafs folgender Flüssigkeiten, folgende Mengen der Gase:

	Wasser.	Wässriger Weingeist.	Steinöl.	Lavendelöl.	Baumöl.
Schwefligsaures Gas.	43,78	115,77			
HydrothionsauresGas.	2,53	6,06			
Kohlensaures Gas	1,06	1,86	1,69	1,91	1,51
Oxydirtes Stickgas	0,76	1,53	2,54	2,75	1,50
Oelerzeugendes Gas.	0,155	1,27	2,61	2,09	1,22
Sauerstoffgas	0,065	0,1625			
Kohlenoxydgas	0,062	0,145	0,20	0,156	0,52
Oxydirtes Kohlen-Wasserstoffgas	0,051	0,07			
Wasserstoffgas	0,046	0,051			
Stickgas	0,042	0,042			

Der wässrige Weingeist, das Steinöl, Lavendelöl und Baumöl waren bei dieser letzten Tabelle dieselben, wie bei der vorigen; bei beiden waren diese Flüssigkeiten theils durch Kochen, theils durch die Luftpumpe soviel wie möglich von der Luft befreit, was freilich bei den leichter verdampfbaren nur unvollständig ausführbar war, demungeachtet zeigt sich, dafs diese organischen Flüssigkeiten die meisten oder alle Gasarten viel reichlicher aufnehmen, als das Wasser, nur dafs dieses bei den dicklichen Flüssigkeiten, wie bei denselben Oelen, sehr langsam erfolgt.

Saussüre überzeugte sich aufserdem, dafs das *Henrysche* Gesetz, nach welchem eine Flüssigkeit von einem Gase immer dieselbe Zahl von Mafsen verschluckt, der äufsere Druck sey, welcher er wolle, auch bei diesen Flüssigkeiten seine Richtigkeit habe, indem Lavendelöl und eben so Baumöl bei vermindertem Luftdruck gerade soviel Mafse kohlensaures Gas verschluckt, wie bei gewöhnlichem.

3. Zu den Absorptionen von Gasarten durch flüssige Metalle, lassen sich folgende Erscheinungen zählen:

a. Samuel Lucas[1] beobachtete, dafs Silber, welches an der Luft geschmolzen wird, aus derselben Sauerstoffgas aufnimmt, ohne sein metallistisches Ansehen zu ändern. Dieses Sauerstoffgas entwickelt sich beim Erstarren des Sil-

1 Ann. de Chim. et de Phys. XII. 402.

bers gerade so wie das Wasser beim Gefrieren die absorbirt gewesene Luft fahren läfst. Geht das Abkühlen des Silbers etwas rasch vor sich, so dafs die äufsere Rinde fest wird, ehe noch die innern Theile ihr Sauerstoffgas entwickelt haben, so bahnt sich dieses mit Gewalt einen Weg durch Zerreifsen dieser Rinde und Hervortreiben von geschmolzenem Silber. Bei gröfseren Massen fährt das Sauerstoffgas oft $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde fort, sich aus diesen Rissen zu entwickeln, und Hervorragungen von Silber zu erzeugen. Dafs sich wirklich Sauerstoffgas entwickelt, findet man, wenn man das Silber in Wasser wirft, und das Gas auffängt. Bedeckt man das Silber während des Schmelzens mit Kohlen, so tritt es an diese das Sauerstoffgas ab, und verliert damit die Eigenschaft, bei raschem Erkalten zu sprützen und auszuwachsen. Das Kupfer zeigt nach Lucas ein ähnliches Verhalten.

Chevillot[1] fand bei Wiederholung dieser Versuche, dafs ein Gramm geschmolzenes Silber beim Erkalten 0,00047 bis 0,0009 Liter Sauerstoffgas entweichen läfst; doch überzeugte er sich, dafs diese Eigenthümlichkeit dem Zink, Wismuth und Blei und selbst dem Kupfer nicht zukomme, ja dafs schon Silber, dem nur 5 p. C. Kupfer beigemischt sind, kein Sauerstoffgas mehr entwickele.

b. Vom Quecksilber nimmt man ziemlich allgemein an, dafs dasselbe begierig Luft und Wasserdämpfe anziehe, worin eben die Schwierigkeit liege, Thermometer und Barometer vollkommen frei von Luft und Wasser darzustellen. Bellani[2] hat es jedoch durch viele Versuche höchst wahrscheinlich gemacht, dafs diese Luft und Feuchtigkeit nicht dem Quecksilber, sondern blofs den Wendungen des Glases anhängt.

Theorie der Absorption der Gase durch tropfbare Flüssigkeiten.

Bis auf Dalton wurde allgemein angenommen, alle so eben aufgezählte Arten von Verschluckung, seyen die Folge einer *Affinität* zwischen dem Gase und dem Tropfbaren, und

1 Annal. de Chim. etc. XIII. 299.

2 Brugnatelli Giorn. Dec. II. T. VI. 20.

Digitized by Google

eine solche Verbindung sey demnach als eine *chemische* zu betrachten.

Dalton ist durch seine und Henry's Versuche auf die Ansicht geleitet worden, nach welcher diese Verbindungen gröfstentheils als *mechanische* anzusehen sind. Er unterscheidet nämlich diejenigen Gasarten, von denen das Wssaer oder ein anderes Tropfbares höchstens seinen Umfang aufnimmt, von den reichlicher verschluckbaren, und sieht die Verbindung des Wassers u. s. w. mit ersterem als eine rein mechanische, die mit letzterem als eine gemischte, d. h. als eine mechanische und chemische zugleich an. Die Grundzüge seiner Ansicht über die mechanische Verbindung der minder verschluckbaren Gasarten sind folgende:

Da diese Gase, nachdem sie vom Wasser aufgenommen sind, in diesem dieselbe oder eine noch viel gröfsere Ausdehnung haben, wie vorher aufser dem Wasser, da sie noch völlig ihre Elasticität besitzen, so dafs sie sich wieder vollständig daraus entbinden, wenn der äufsere Druck aufgehoben wird, so ist kein Grund vorhanden, die Verbindung als eine chemische anzusehen. Man kann sich vielmehr denken, dafs das Gas, vermöge seiner Elasticität, auf eine ähnliche Weise in die Poren des Wassers dringt, wie das Wasser die des Schwammes ausfüllt. Dalton glaubte aus seinen vorläufigen Versuchen den Schlufs ziehen zu dürfen, dafs eine jede nicht klebrige Flüssigkeit, namentlich Säuren, Salzlösungen, Weingeist u. s. w., von einem Gas dem Umfange nach gerade soviel aufnehme, wie reines Wasser. Dieses würde seine Ansicht unterstützt haben, da es gezeigt hätte, dafs die Absorption nicht von der chemischen Natur des Liquidums abhängt. Doch zeigen Saussüre's Versuche auf das Bestimmteste das Gegentheil, wie dieses auch Dalton jetzt zugegeben hat, und dieselben dienen daher der chemischen Ansicht zur Stütze.

So glaubte Dalton früherhin auch sehr einfache Raumverhältnisse gefunden zu haben, nach welchen die Gase vom Wasser aufgenommen würden; nämlich 1 Mafs Wasser sollte verschlucken: 1 Mafs kohlensaures und hydrothionsaures Gas und Stickoxydulgas (dafs letzteres in geringerem Mafse verschluckbar gefunden wird, rührt nach Dalton

Digitized by Google

von der Schwierigkeit her, dasselbe rein darzustellen, und seine Verunreinigung zu bemerken), $\frac{1}{8}$ Mafs ölerzeugendes Gafs, $\frac{1}{2\frac{1}{7}}$ Mafs Sauerstoffgas, Kohlenwasserstoffgas und Stickoxydgas und $\frac{1}{6\frac{1}{4}}$ Mafs Stickgas, Wasserstoffgas und Kohlenoxydgas. Die Dichtigkeit des Gases im Wasser stände also zu der Dichtigkeit des Gases aufser dem Wasser in dem einfachen Verhältnifs von 1: 1 von $\frac{1}{8}$: 1. von $\frac{1}{2\frac{1}{7}}$: 1. und von $\frac{1}{6\frac{1}{4}}$: 1. Da nun die Zahlen 1, 8, 27 und 64 die Würfel von 1, 2, 3 und 4 sind, so stellt sich Dalton vor, dafs während bey den zu gleichen Mafsen absorbirbaren Gasarten die wechselseitige Entfernung ihrer Atome dieselbe ist im Wasser, wie aufser dem Wasser, diese bei den zu $\frac{1}{8}$ verschluckbaren Gasen das doppelte, bei den zu $\frac{1}{2\frac{1}{7}}$ das dreifache und bei den zu $\frac{1}{6\frac{1}{4}}$ verschluckbaren das vierfache im Wasser beträgt gegen die Entfernung der Atome aufserhalb desselben. Ein solches Verhältnifs würde ebenfalls für Daltons Ansicht sprechen, nach welcher die Verschluckung solcher Gase als keine chemische, sondern als eine mechanische zu betrachten ist, indem diese Raumverhältnisse weniger mit den chemischen Proportionen als mit mechanischen Verhältnissen, besonders mit der Porosität des Wassers, zusammengereimt werden können. Jedoch stimmen Saussüre's Versuche durchaus nicht mit den von Dalton angenommenen Absorptionsgröfsen überein. Nach ihm verschluckt das Wasser mehr als sein gleiches Mafs hydrothionsaures und kohlensaures Gas, weniger als sein gleiches Mafs Stickoxydulgas, über $\frac{1}{7}$ Mafs ölerzeugendes Gas, über $\frac{1}{1\,6}$ Mafs Sauerstoffgas u. s. w., wie die zuerst angeführte Tabelle zeigt. Da nun Dalton selbst späterhin bei mehreren Gasarten andere Absorptionsgröfsen fand als früher, so dürfen wir annehmen, dafs entweder dieses *Daltonsche Gesetz* überhaupt in der Natur nicht gegründet ist, oder dafs wenigstens gewisse unbekannte Ursachen vorhanden sind, wegen welcher die Absorption nicht immer nach dem von Dalton festgestellten Verhältnisse erfolgt.

Wenn eine schwierig verschluckbare Gasart mit gasfreiem Wasser in Berührung kommt, so drückt dieselbe nach Dalton anfangs mit ihrer ganzen Kraft auf das Wasser; allmählig dringt sie aber in dasselbe ein, füllt seine Poren und vertheilt sich am Ende vollkommen, so dafs sie entweder

Digitized by Google

innerhalb und aufserhalb des Wassers dieselbe Dichtigkeit hat, oder im Wasser eine 8, 27, oder 64 mal geringere. Im ersteren Falle drückt das aufser dem Wasser befindliche Gas blofs auf das im Wasser enthaltene, und umgekehrt, so dafs das Wasser selbst keinen Druck mehr zu erleiden hat; beim ölerzeugenden Gas dagegen wird der nicht absorbirte Theil auf die Oberfläche des Wassers $\frac{7}{8}$ von seinem ursprünglichen Druck ausüben, weil das absorbirte Gas einem Achtel des Drucks das Gleichgewicht hält; so wird beim Sättigen des Wassers mit Sauerstoffgas das nicht absorbirte Gas mit $\frac{26}{27}$ seiner Kraft auf das Wasser und mit $\frac{1}{27}$ auf das absorbirte Gas drücken, und beim Wasserstoffgas wird der respective Druck $\frac{63}{64}$ und $\frac{1}{64}$ betragen.

Das vom Wasser absorbirte Gas wird nach Dalton einzig durch den Druck zurückgehalten, den der nicht verschluckte Gasantheil auf die Oberfläche desselben ausübt, und es entbindet sich daher, wenn man diesen Druck entfernt. Schafft man deshalb den nicht verschluckt gebliebenen Theil des Gases mit der Luftpumpe hinweg, so entwikkelt sich ein grofser Theil des verschlucktgewesenen, entzieht man diesen, so entwickelt sich wieder Gas u. s. w. Das *Henrysche Gesetz*, das nämlich das Wasser von irgend einer Gasart gleichviel Mafs aufnimmt, in welcher Ausdehnung es sich auch befinde, entspricht völlig der Daltonschen mechanischen Ansicht; denn mit doppelter Ausdehnung ist das Ausdehnungsbestreben des Gases auf die Hälfte gebracht; es wird sich also mit nur halb so grofser Kraft in das Wasser hineindrücken, und hat es die Poren desselben nur in halb so grofser Menge (dem Gewicht nach) gefüllt, so leistet es jetzt dem Druck des äufseren Gases hinreichenden Widerstand, um das weitere Eindringen von Gas zu hindern. Bei chemischen Verbindungen zeigt sich nicht sowohl Beständigkeit in dem Mafse, als in den Gewichten; wäre die Verbindung chemisch, so müfste das Wasser vom verdünnten Gase mehr Mafse aufnehmen, als vom verdichteten.

Den Einfluss der Temperatur auf die Absorptionsgröfse erklärt Dalton folgendermafsen: Er sieht es als ausgemacht an (was aber noch einer weitern Prüfung bedarf), dafs eine tropfbare Flüssigkeit von einem Gase gleich viel Mafse ver-

Digitized by Google

schluckt, die Temperatur sey, welche sie wolle. Mit der Temperaturerhöhung wird die Elasticität des Gases vermehrt; ist dieses auf eine solche Art eingeschlossen, dafs es sich ausdehnen, und seine Elasticität mit dem Luftdruck ins Gleichgewicht setzen kann; so wird die tropfbare Flüssigkeit von dem durch Wärme ausgedehnten Gase soviel Mafse verschlucken, wie zuvor vom kalten; ist aber das Gas, welches man erhitzt, durch genaues Einschliefsen in ein Gefäfs an aller Ausdehnung gehindert, so werden auch von diesem dicht gebliebenen Gase gleich viel Mafse und zugleich dasselbe Gewicht verschluckt, wie vom kalten Gase.

Ein anderes ist es, wenn man die Temperatur einer tropfbaren Flüssigkeit, z. B. des Wassers, welche mit einem Gase verbunden ist, bis zu ihrem Siedepunkte erhöht. Hier treibt der gebildete Wasserdampf von der Oberfläche des Wassers den Theil des Gases weg, welcher nicht verschluckt wurde, und dessen Druck auf den verschluckten Theil diesen im Wasser zurückhielt. Da nun nach Daltons Theorie[1] sich blofs die Kügelchen einer und derselben elastischen Flüssigkeit zurückstofsen, aber verschiedenartige elastische Flüssigkeiten sich gegen einander fast wie leere Räume verhalten; so ist durch die Bildung des Wasserdampfes ungefähr dasselbe bewirkt, wie durch die Luftpumpe, nämlich das äufsere Gas entfernt, und das im Wasser enthaltene Gas entwickelt sich jetzt vermöge seiner Elasticität, um sich gleichförmig sowohl in Wasser, als im Wasserdampf zu verbreiten; indem nun letzterer bei fortgesetztem Kochen nebst dem ausgetretenen Gase immer fortgeführt wird, so erneuert sich die Entwickelung des noch im Wasser enthaltenen Gases, bis nur noch eine Spur davon zurückgeblieben ist.

Gleich dem Wasserdampfe wirkt nach Dalton auch jede andere fremdartige elastische Flüssigkeit. Mit kohlensaurem Gas gesättigtes Wasser, mit Sauerstoffgas in Berührung gebracht, entwickelt, wie im luftleeren Raume, so lange kohlensaures Gas, bis dieses in und aufser dem Wasser dieselbe Ausdehnung besitzt; zugleich drückt sich vom Sauerstoffgas soviel in das Wasser hinein, dafs die Dichtigkeit des

1 S. *Gas.*

Digitized by Google

ins Wasser getretenen Sauerstoffgases $\frac{1}{27}$ beträgt von der Dichtigkeit des aufserhalb bleibenden. Auf dieser Ansicht beruht die oben entwickelte Formel für die Absorption von Gasgemengen.

Die Verbindungen der tropfbaren Flüssigkeiten mit solchen Gasen, von denen sie mehr als ihren gleichen Umfang aufnehmen, sieht Dalton als gemischte, d. h. als chemische und mechanische zugleich an, worin ein gröfser Theil des Gases inniger, chemisch gebunden sey, mit gröfserer Verdichtung und schwieriger trennbar, ein anderer Theil loser, mechanisch, durch Verminderung des Luftdrucks, durch Temperaturerhöhung u. s. w. abscheidbar.

So sehr manche Erscheinungen für die Daltonsche Ansicht sprechen, nach welcher viele Verbindungen tropfbarer Flüssigkeiten mit elastischer als mechanische zu betrachten sind, so halten dennoch die meisten Physiker und Chemiker alle diese Verbindungen für chemisch und vorzüglich haben Berthollet, v. Humboldt, Gay-Lüssac, Saussüre, Thomson und Murray diese chemische Ansicht gegen Dalton in Schutz genommen. Für diese sprechen folgende Gründe:

1. Mag Wasser nebst den übrigen tropfbaren Flüssigkeiten im atomistischen Sinne auch als poros gelten, so ist doch zu bezweifeln, dafs seine Poren von der Art sind, dafs sie die Atome eines Gases aufnehmen können. Wenigstens sehen wir, dafs jeder feste Körper, welcher vollkommen klar erscheint, wie Glas, auch vollkommen luftdicht ist, und es ist daher mit Wahrscheinlichkeit auch von den tropfbar flüssigen Körpern anzunehmen, dafs sie nur dann für gasförmige Stoffe durchgänglich sind, wenn diese in chemische Verbindung mit ihnen treten. Auf keinen Fall ist die von Dalton aufgestellte Vergleichung des gleichartig erscheinenden Wassers mit irdenem Zeug, in welchem schon das Auge die Poren entdeckt, zulässig.
2. Wenn sich im ausgekochten Wasser leere Räume befinden, die von den Atomen der Gase erfüllt werden können, so müfste wie von Humboldt und Gay-Lüssac bemerken, diese Erfüllung augenblicklich erfolgen, wäh-

Digitized by Google

rend die Absorption, besonders wenn nicht geschüttelt wird, einer beträchtlichen Zeit bedarf.

3. Wenn die Absorption blofs darin besteht, dafs die Poren der tropfbaren Flüssigkeit mit den Atomen der Gase gefüllt werden, so müfste sie ihren vorigen Umfang behalten; allein jedesmal erfolgt hierbei Ausdehnung der Flüssigkeit, (nur bei den im sehr geringem Grade absorbirbaren Gasarten läfst sich dieses nicht darthun) oder mit andern Worten, das specifische Gewicht der Flüssigkeit nimmt nicht in dem Mafse zu, als es sollte, wenn wir uns vorstellen, es sey zu einem gewissen absoluten Gewichte derselben, ohne alle Ausdehnung, ein gewisses Gewicht des Gases getreten. Diese Einwendung ist Dalton von Gay - Lüssac und von Humboldt, von Saussüre, Thomson u. A. gemacht worden.

4. Bei der Absorption der Gasarten, namentlich des kohlensauren Gases, zeigt sich eine Temperaturerhöhung. Diese ist nach Thomson nicht erklärbar, wenn man mit Dalton annimmt, die Gase treten mit Beibehaltung ihres elastischen Zustandes in die Poren des Liquidums. Diese Wärmeentwickelung ist nach der mechanischen Erklärung um so auffallender, da sie mit Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeit verbunden ist, aber leicht erklärlich, wenn man die chemische Ansicht zum Grunde legt.

5. Die verschiedene Menge, welche a. einerlei tropfbare Flüssigkeit von verschiedenen Gasen und b. verschiedene tropfbare Flüssigkeiten von demselben Gase aufnehmen, macht es wahrscheinlich, dafs der Grund der Absorption in der Affinität liegt.

a. Dalton findet selbst die gröfste Schwierigkeit seiner mechanischen Hypothese darin, dafs verschiedene Gasarten ein verschiedenes Gesetz befolgen; oder zu verschiedenen Mafsen von einerlei tropfbarer Flüssigkeit, wie vom Wasser, verschluckt werden. Früher glaubte er diese Verschiedenheit von der verschiedenen Gröfse und Zahl der Atome der Gase ableiten zu können, und zwar so, dafs die Gasarten, deren Atome wenigere und leichtere seyen, am wenigsten verschluckbar wären; doch

Digitized by Google

machten ihm spätere Versuche diese Vermuthung unwahrscheinlich.

In der That, wie man auch die Zahl und Gröfse der Atome in den Gasarten annehmen mag, so findet sich hierzwischen und zwischen den gefundenen Absorptionsgröfsen kein Zusammenhang. Wird z. B. angenommen, alle Gase enthielten bei gleichem Mafse gleichviel Atome; so würde die relative Gröfse der Letztern dem specifischen Gewichte der Gase entsprechen, und man müfste dann ein Verhältnifs finden zwischen dem specifischen Gewichte und der Absorbirbarkeit der Gasarten. Allerdings zeigen sich dann viele specifisch schwerere Gase reichlicher oder wenigstens schneller verschluckbar, als specifisch leichtere, wie auch Saussüre dieses Gesetz aufstellte. Doch finden sich zuviel Ausnahmen, als dafs man hierauf etwas bauen könnte; denn das Wasser nimmt mehr hydrothionsaures Gas auf, als kohlensaures, mehr Salpetergas als Sauerstoffgas u. s. w., also mehr vom leichteren als vom schwereren Gase, und so zeigen sich auch sehr verschiedene Absorptionsgröfsen bei einerlei specifischem Gewichte, ölerzeugendes Gas, Salpetergas und Kohlenoxydgas) und gleiche Absorptionsgröfsen bei sehr verschiedenen specifischem Gewichte (Kohlenoxydgas und Wasserstoffgas); eben so wenig finden wir Uebereinstimmung zwischen Absorptionsgröfse und Zahl und Gröfse der Gasatome, wenn wir mit Prout festsetzen, bei gleichem Umfange enthalte das Wasserstoffgas, Stickgas, Kohlenoxydgas kohlensaure Gas, hydrothionsaure Gas und Stickoxydulgas $\frac{1}{2}$ so viel und das Stickoxydgas $\frac{1}{4}$ soviel Atome als das Sauerstoffgas. Dann wäre nämlich das Atomgewicht des Sauerstoffs auf 8, das des Wasserstoffs auf 1, des Stickstoffs und des Kohlenoxyds auf 14, der Kohlensäure und des Stickoxyduls auf 22, der Hydrothionsäure auf 17 und des Stickoxyds auf 30 zu setzen, Zahlen, welche mit den Absorptionsgröfsen noch weniger im Verhältnifs stehen, als die specifischen Gewichte. Sehen wir blos auf die Zahl der Atome und nicht auf ihre Gröfse, und nehmen hierbei die eben erwähnte Proutische Abtheilung der Gasarten in 3 Classen von einfach, doppelt, und vierfach ausgedehnten Gasen als die wahrscheinlichste an; so zeigt sich auch hier

Digitized by Google

keine Uebereinstimmung mit der Absorptionsgröfse, da zu derselben Classe gehörige Gasarten, z. B. Wasserstoffgas und kohlensaures eine so höchst verschiedene Absorbirbarkeit zeigen. Die Sache mit *Dalton* ganz atomistisch betrachtet, müfste man überhaupt anzunehmen haben, dafs wenn eine Pore des Wassers im Stande ist, ein Atom Kohlensäure aufzunehmen, dessen Gröfse 22mal beträchtlicher ist, als die eines Atomes Wasserstoff, dieselbe Pore 22 Atome Wasserstoff müsse aufnehmen können; dieses mag zwar durch die Repulsion der Gastheile des Wasserstoffgases verhindert werden, immer aber führt eine solche rein mechanische Betrachtung auf den Schlufs, der der Erfahrung gänzlich widerspricht: Gasarten, deren Atome kleiner sind, müfsten reichlicher absorbirt werden, als Gasarten mit gröfseren Atomen.

Diese Schwierigkeiten fallen weg, sobald wir diese Verbindungen als chemische betrachten, und annehmen, die Absorptionsgröfse der Gasarten stehe im Verhältnifs 1. mit der verschieden grofsen Affinität der tropfbaren Flüssigkeit zum Gase und 2. mit der verschiedenen leichten Verdichtbarkeit des Gases. Wir sehen, dafs saure und alkalische Gase im gröfsten Verhältnifs vom Wasser verschluckt werden, so wie überhaupt Säuren und Alkalien vorzüglich grofse Affinität zum Wasser haben, dafs dagegen Gasarten, welche Suboxyde, nicht saure Wasserstoffverbindungen oder einfache Substanzen enthalten, in geringerem Mafse verschluckt werden, so wie auch das Wasser überhaupt nur wenige und schwache Verbindungen mit solchen Materien eingeht. Die neueren Versuche Davy's und Faraday's über die Verdichtbarkeit vieler Gasarten zu tropfbaren Flüssigkeiten durch verstärkten äufsern Druck, zeigen auf das Klarste, welchen grofsen Einflufs auf die Verschluckbarkeit der Gasarten zugleich ihre verschieden leichte Verdichtbarkeit ausübt. Wasserstoffgas, Sauerstoffgas und Stickgas, welche nicht zu einem Liquidum verdichtet werden können, werden in besonders geringer Menge verschluckt; dafs die schwächere Hydrothionsäure reichlicher vom Wasser verschluckt wird, als die stärkere Kohlensäure hängt ohne Zweifel damit zusammen, dafs erstere bey 0° C. schon durch den 16fachen

Digitized by Google

Luftdruck verdichtet wird, letztere aber hiezu den 36fachen nöthig hat; das Chlorgas bedarf bey derselben Temperatur nicht des vierfachen Luftdrucks, und dieses erklärt, warum dieses einfache, also wohl mit geringerer Affinität gegen das Wasser begabte Gas, dennoch in gröfserer Menge von demselben verschluckt wird, als viele andere Gase.

Wir dürfen also wohl annehmen, dafs jedes Gas um so reichlicher von tropfbaren Flüssigkeiten aufgenommen wird, je gröfser die Affinität zwischen beiden, und je leichter verdichtbar das Gas ist. Die tropfbare Flüssigkeit bewirkt vermöge ihrer Affinität dasselbe, was bei den Versuchen von Davy und Faraday durch verstärkten Druck hervorgebracht wurde, nämlich Verdichtung der Gase. Hat sich eine tropfbare Flüssigkeit mit einem Gase gesättigt, so ist der Punct eingetreten, wo die Elasticität des übrigen Gases der Affinität des Wassers das Gleichgewicht hält. Dieser chemischen Ansicht ist das *Henrysche Gesetz* von der gleich starken Absorption dem Mafse nach, der äufsere Druck, unter welchem das Gas steht, sey welcher er wolle, nicht zuwider, denn je ausgedehnter ein Gas, je weniger also der äufsere Druck der Condensation des Gases zu Hülfe kommt, eine desto kleinere Menge Gas wird dem Gewichte nach verdichtet werden, und umgekehrt. Man kann mit Berthollet sagen: da die Elasticität ein Hindernifs der Affinität ist, welche zwischen Wasser und Gas statt findet, so hat man sich zu denken, dafs die Auflösung derjenigen Ursache proportional ist, welche die Wirkung der Elasticität vermindert, oder der Compression, die das Gas erleidet.

b. Verschiedene tropfbare Flüssigkeiten verschlucken die Gase in verschiedener Menge. Nach der mechanischen Ansicht Daltons, wenn man sie auf die oben mitgetheilten Saussürsche Tabellen anwendet, müfste man annehmen, die Poren des Weingeistes vermöchten mehr von jedem Gas zu fassen, als die des Wassers, noch mehr die des Steinöls, noch mehr die des Lavendelöls. Allein vom ölerzeugenden Gas verschluckt umgekehrt das Steinöl mehr, als das Lavendelöl; während der Weingeist von hydrothionsaurem, kohlensaurem und Stickoxydulgas ungefähr zweimal soviel aufnimmt, als das Wasser, so nimmt

Digitized by Google

er vom ölerzeugenden Gase gegen 8mal soviel auf. Alles dieses ist leicht erklärlich, wenn man die verschiedenen Absorptionsgröfsen nicht von der verschiedenen Weite der Poren, sondern von der verschieden grofsen Affinität ableitet.

6. Wenn die chemische Ansicht die richtige wäre, so müfste sich, wie Dalton meint, immer ein Atom des Gases mit einem Atom der Flüssigkeit verbinden, es müfsten demzufolge 9 Gewichtstheile Wasser 22 Gewichtstheile Kohlensäure verschlucken. Diese Folgerung ist gewifs zu rasch. Die meisten Salze lösen sich im Wasser nicht nach solchen stöchiometrischen Verhältnissen auf; bey Gyps und andern schwer löslichen Salzen kommt ein Atom Salz auf viele 100 und 1000 Atome Wasser. Dieses Verhältnifs ändert sich nach der Temperatur, so dafs eine Erhöhung derselben meistens eine vergröfserte Löslichkeit zu Wege bringt. Die Ursache dieser geringen Löslichkeit vieler Salze wird in ihre Cohäsion gesetzt. Eben so ist die Ursache der geringen Löslichkeit vieler Gasarten im Wasser in ihrer Elasticität zu suchen, und es läfst sich wohl allgemein der Grundsatz aussprechen, dafs die chemische Verbindung zwischen 2 Stoffen, deren wechselseitige Affinität gering ist, und welcher Verbindung die Cohäsion oder Elasticität des einen dieser Stoffe entgegen wirkt, nie den stöchiometrischen Gesetzen folgt, und nach äufsern Umständen, welche auf Cohäsion und Elasticität einflieſsen, veränderlich ist.

7. Nach der Daltonschen Ansicht müfsten bei fortgesetztem Auspumpen die blofs mechanisch im Wasser enthaltenen Gase vollständig entweichen, indem sie nach dieser blofs durch das von aufsen drückende Gas im Wasser zurückgehalten werden. Allein die Erfahrung lehrt, dafs bei wiederholtem Auspumpen und selbst beim Auskochen in der torricellischen Leere eine kleine Menge von Gas im Wasser zurückbleibt, welche beträchtlicher zu seyn scheint, als dafs sie blofs von der Unvollkommenheit des luftleeren Raumes abgeleitet werden könnte. Nach der chemischen Ansicht ist ein Theil des Gases zu innig gebunden, als dafs er der Elasticität folgen sollte.

Digitized by Google

8. Bei der Erklärung, wie fortgesetztes Sieden aus dem Wasser ein Gas z. B. die Luft austreibe, geräth Dalton in offenbaren Widerspruch mit sich selbst. Der erzeugte Dampf soll nämlich nach ihm die Luft von der Oberfläche des Wassers entfernen, so dafs jetzt die im Wasser enthaltene Luft nicht mehr von der äufsern gedrückt wird, und, da der Wasserdampf gleichsam ein Vacuum für die Luft ist, frei entweichen kann. Allein: Entweder treibt der Wasserdampf die Luft von der Oberfläche des Wassers hinweg (was der Wahrheit gemäfs ist); dann übt er also einen Druck auf die äufsere Luft aus (der Daltonschen Theorie zuwider), und wird denselben auch auf die im Wasser enthaltene Luft ausüben; — oder, wenn er Letztere nicht drücken soll, so kann er auch nicht im Stande seyn, die äufsere Luft von der Oberfläche des Wassers hinwegzudrücken. — Die Thatsache, dafs das Wasser durch langes Kochen am besten von absorbirten Gasarten befreit wird, ist aus der Annahme erklärlich, dafs die mechanische Anziehung der Atome des Wasserdampfes zu den Gasatomen der schon durch die Hitze vergröfserten Elasticität des Gases zu Hülfe kommt, welche beide Umstände allmälich die Affinität des Gases zum Wasser zu überwinden scheinen, indem mit jeder neuen Menge Wasserdampf ein kleiner Antheil Gas fortgeführt wird.

9. Dalton hat selbst das Unzulängliche seiner Ansichten über die elastischen Flüssigkeiten eingesehen und sie zum Theil geändert[1]; doch auch seine späteren Ansichten sind fast noch wichtigern Vorwürfen ausgesetzt. s. *Atmosphäre* und *Gas*.

---

1) Neues System I. 210.

Abhandlungen über die Absorption der Gasarten durch tropfbare Flüssigkeiten.

Priestley in Americ. Trans. V. 21.
Derselbe in seinen exper. and observ. relating to the analysis of atmosph. air Philadelphia 1797; Daraus in Crell Ann. 1798. I. 40.
Cavendish in Philos. Trans. LVI. 161.
Berger in Journ. de Phys. LVII. 5. Daraus in G. XX. 168.

Digitized by Google

II. Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch feste Körper.

Hieher gehören

1. Verschluckung des Sauerstoffgases durch Boron, durch nicht geschmolzenen Phosphor und nicht geschmolzene Metalle, Phosphormetalle, Schwefelmetalle u. s. w.; die des Chlorgases durch dieselben Substanzen, so wie durch Schwefel, Selen und Jod; Absorption des Phosphor-Schwefel-Selen- und Jod-Dampfs, vorzüglich durch Metalle; Absorption des Ammoniakgases durch starre Säuren, so wie der sauren Gasarten durch starre Salzbasen; Absorption des Wasserdampfs durch starre Säuren, Salzbasen, Salze und andre Körper, welche einer ausgemacht chemischen Verbindung mit Wasser fähig sind. — Alle diese Arten von Absorption, als rein chemisch, bedürfen an diesem Orte keiner weitern Betrachtung.
2. Verschluckung der Gasarten und verschiedener Dämpfe durch Kohlen, steinige Substanzen und andere starre Körper, von welchen es nicht ausgemacht ist, ob sie durch chemische oder durch mechanische Kraft die Verdichtung der

---

Dalton in Memoir of litt. and philos. Soc. of Manchester. Second series I. 284. und V. 11. Daraus in G. XXVIII. 397.

Derselbe a System of chemical philosophy I. 198. — Neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft übers. von Wolff I. 219.

Derselbe in Thomson Annals of Philosophy VII. 215, daraus im Auszuge in Schweig. XVII. 160.

Henry in Nicholsons Journal VI. 229, und VIII. 298. auch in Philos. Trans. 1803. p. 29. u. 274; der erste Theil in G. XX. 147.

von Humboldt und Gay-Lüssac in J. de Ph. LX. 129. Daraus in G. XX. 129.

Berthollet in Ann. de Chemie LIII. 239; auch in G. XX. 166.

De Marty in Ann. de Chemie LXI. 271. Daraus in G. XXVIII. 417; auch in Gehlen für Chemie und Phys. B. IV. 141.

Carradori in Annali di Storia naturale di Pavia V. 12. u. 15.

Derselbe in J. de Ph. LXII. 473, daraus in G. XXVIII. 413.

Derselbe in Brugnatelli Giorn. VI. 333.

Theod. de Saussure in Bib. Brit. daraus in G. XLVII. 163.

Thomson in seinem Système de Chemie trad. par Riffault sur la 5me ed. III. 61.

Ruhland in Schweig. J. XVI. 180.

Digitized by Google

elastischen Flüssigkeiten bewirken. Diese letztere Classe von Erscheinungen, vielleicht durch Adhäsion bewirkt, und deshalb in das Gebiet der Physik gehörig, soll hier weiter erörtert werden. Von allen diesen Absorptionen sind die durch die Kohlen hervorgebrachten am vollständigsten untersucht, und mögen hier zuerst betrachtet werden.

A. Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch Kohle.

a. Absorption der Gasarten durch Kohle.

Scheele[1] und Fontana[2] entdeckten das Vermögen der Kohle, eine gewisse Menge Luft vollständig zu verschlucken, und die Versuche des Letztern wurden von Priestley[3]. Saluzzo[4] und Morveau[5] bestätigt.

Um die Menge des Gases zu finden, welche eine gewisse Menge Kohle zu absorbiren vermag, mufs diese zuerst von allem demjenigen Gase befreit werden, welches sie, sobald sie der Luft ausgesetzt worden war, verschluckt enthält. Dieses geschieht entweder durch Auspumpen unter der Luftpumpe, oder durch Glühen in einem eingeschlossenen Raume. Die durch Glühen vom Gas befreite Kohle verschluckt immer etwas gröfsere Mengen Gas, als die mittelst der Luftpumpe entleerte, ein Beweis, dafs diese letztere Art der Entleerung, vielleicht wegen der Unvollkommenheit des Guerickschen Vacuums minder vollständig ist. Hiebei fand Saussüre noch den Unterschied, dafs die frischgeglühte und dann der Luft ausgesetzt gewesene Kohle nach dem Auspumpen zwar auch weniger, als die geglühte Kohle, aber doch mehr Gas verschluckt als die gemeine, längere Zeit der

1 Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer 1777. §. 96.

2 Gewöhnlich wird Fontana als der einzige Entdecker angesehen; doch möchte schwer zu entscheiden seyn, wem die Priorität der Entdeckung zukömmt.

3 J. de Ph. XIII. 128.

4 Memoires de l'Académie des Sciences à Turin pour les ann. 1786. 1787.

5 Gazette salutaire 1782. Mai.

Digitized by Google

Luft ausgesetzt gewesene und dann ausgepumpte Kohle, weil letztere nach dem Auspumpen noch etwas Feuchtigkeit zurückhält. Die auf eine dieser Weisen von ihrem Gas befreite Kohle wird mit dem zu untersuchenden Gase so zusammengebracht, dafs sie nicht vorher mit der freien Luft oder einem andern Gase in Berührung kommt. Zu wenig beachtet wurde bis jetzt bey diesen Untersuchungen der Feuchtigkeitszustand der Gasarten, die oft sogar über Wasser sich befanden, so dafs die absorbirende Kraft der Kohlen für die Gasarten durch die Aufnahme von Wasserdampf beträchtlich geändert werden mufste. Blofs künstlich getrocknete Gasarten hätten über Quecksilber der Kohle dargeboten werden müssen.

Die einzelnen Methoden sind folgende:

1. Saussüre bringt die Kohle in einen Recipienten, der mittelst Talgs auf dem Teller der Luftpumpe schliefst, pumpt aus, bringt dann den Recipienten nebst dem Teller, dessen Hahn verschlossen ist, unter Quecksilber, öffnet den Hahn und bringt dann die Kohlen in das mit einem Gase gefüllte, über Quecksilber befindliche Gefäfs. Auch kann man nach ihm die Glocke mit der Kohle in eine mit Quecksilber gefüllte Schale setzen, diese unter der gröfsern Glocke der Luftpumpe exantliren, dann öffnen, wo sich die kleine Glocke mit dem Quecksilber der Schale füllt, und mit dieser unter das Quecksilber der pneumatischen Wanne gebracht werden kann; allein hier ist die Entleerung minder vollständig, weil der Druck des Quecksilbers dem Auspumpen entgegen wirkt.
2. Fontana, Delametherie, Parrot und Grindel, Vogel, Saussüre u. A. bringen die gut ausgeglühte Kohle noch glühend schnell unter Quecksilber, und lassen sie von hier aus in die mit dem Gase gefüllte Röhre aufsteigen. Hier dringt während des Abkühlens etwas Quecksilber in die Poren der Kohle, wodurch allerdings ihre absorbirende Kraft etwas vermindert werden kann; doch beträgt dieses Quecksilber nach Saussure so wenig, dafs die Kohle specifisch leichter bleibt, als Wasser.
3. Vogel füllt das Kohlenpulver in einen Flintenlauf, der am einen Ende zugeschweifst, am andern mit einer mes-

Digitized by Google

singenen Schraube mit Hahn und Gasentwickelungsröhre versehen ist. Er glüht das verschlossene Ende des Flintenlaufes, in welchem sich die Kohle befindet, in einem stark ziehenden Windofen 2 Stunden lang, verschliefst dann den Hahn, läfst erkalten, bringt die Gasentwickelungsröhre in eine mit Wasser gesperrte, das zu untersuchende Gas enthaltende, Glocke und öffnet den Hahn. Hier tritt zuerst eine gewisse Menge vom Gas augenblicklich in den Flintenlauf, um den durch das Glühen entstandenen leeren Raum zu füllen, (bei dem von Vogel angewandten, 10 Cubikzoll haltenden, Flintenlauf betrug dessen Menge gegen 4,5 Cubikzoll) und hierauf erfolgt erst allmälig die Absorption; das im Anfang rasch eintretende Gas wird natürlich nicht zum Absorbirten gerechnet.

4. Morozzo bediente sich anfangs eines 3 Zoll tiefen, oben 2, unten 1 Zoll weiten messingenen Trichters, welcher oben durch einen eingeschmirgelten Kegel luftdicht verschliefsbar ist, und unten mit einem kleinen hohlen Cylinder, dann mittelst eines Hahnes mit der mit dem Gas gefüllten, in Quecksilber tauchenden, Glasröhre in Verbindung steht. Man hebt den Kegel in die Höhe, bringt die glühende Kohle in den Cylinder, läfst den Kegel wieder herunter, und öffnet den Hahn, so dafs die Kohle mit dem Gase der Röhre in Berührung tritt. Morozzo fand, dafs der Kegel wegen hineinfallender Kohlen und Aschentheilchen bald nicht mehr luftdicht schliefst.

5. Der spätere Apparat von Marozzo besteht aus einer Glas-
Fig. röhre AB, 3,5 Linien weit, 18 Zoll hoch, unten offen
9, 10 und mit Wasser oder Quecksilber sperrbar, das sich im
u. 11. Napf J J befindet, oben an einen stählernen Hahn CD gekittet, den man mittelst des Schlüssels C öffnen und schliefsen kann. An den Hahn CD ist ein gröfserer, E gelöthet, von 1,5 Z. Durchmesser und fast 3″ Länge. Mittelst der Kurbel FF wird der Schlüssel des Hahns umgedreht.

Dieser Schlüssel hat ein Loch G, 1 Z. 3 L. tief, und 6 L. weit, welches zur Aufnahme der Kohle dient. Der Hahn E ist in eine Fassung von Holz eingeschlossen, und bleibt mittelst

Digitized by Google

der Schraubenmutter H, die hinter der Fassung auf das Ende des Hahns E. geschroben wird, befestigt. Die Fassung MMM hält das Instrument lothrecht; NN sind Untersätze, um die Schale JJ höher heben zu können; OO ist eine Skale — auf Holz, in Zolle und Linien getheilt, durch die Schraube ohne Ende P beweglich gemacht, so dafs sie auf das Niveau des Quecksilbers in der Schale gestellt werden kann. Beim Gebrauche füllt man die Röhre AB beim geschlossenen Hahne CD mit Wasser, oder besser mit Quecksilber, dann mit dem zu untersuchenden Gase ganz voll, bringt sie dann in die Schale JJ, zieht mittelst einer Sprütze soviel Gas aus der Röhre, dafs das Niveau in und aufser der Röhre gleich ist. Dann macht man eine 36 Grain schwere Kohle glühend, bringt sie in die Höhlung G des Schlüssels vom Hahn E, dreht diesen um, öffnet dann den Hahn CD und beobachtet, wie hoch das Quecksilber in der Röhre steigt. Da ein Theil des zuerst eintretenden Gases blofs dazu dient, den leeren Raum auszufüllen, der in der Höhlung G durch die heifse Kohle entstanden ist, so suchte Morozzo die Menge dieses Gases zu bestimmen, indem er in die Höhlung G einen glühendem Bimsstein von gleichem Umfange mit der Kohle brachte, und dann den Hahn CD öffnete, wobei das Quecksilber um 1 Zoll stieg. Dieser 1 Zoll mufste also stets von der totalen Absorption abgezogen werden.

6. Rouppe und van Noorden bedienten sich einer Büchse von Kupfer mit langem eisernen Stiel und hölzernem Griffe versehen, und durch einen ebenfalls mit Stiel versehenen Deckel, der sich aufschrauben läfst, verschliefsbar. Dieser Deckel ist mit einem Hahn und kegelförmigem Ende versehen, welches luftdicht in eine trichterförmige Kupferhülse pafst, welche auf eine graduirte Glasglocke aufgekittet ist. Man füllt die Büchse mit kleinen Stücken stark glühender Kohlen, schraubt den Deckel auf, kühlt das Gefäfs im Wasser ab, setzt die Büchse mit dem kegelförmigen Ende des Deckels in die Hülse der mit Wasser gefüllten Glasglocke, läfst dann ein Gas in Letztere treten, öffnet den Hahn und bestimmt die Absorption. Die Glocke hielt 110 Würfelzoll, die Büchse 25, und der

Digitized by Google

Umfang der hineingebrachten Kohlen betrug 16 bis 17 Würfelzoll.

Die Methoden 3 — 6 haben das Ueble, dafs sich die Luft nicht völlig aus dem Apparat entfernen läfst; auch sind bei 3 und 6 die Gase durch Wasser gesperrt, welches von der Kohle zum Theil absorbirt wird, und so auf die Absorption Einfluss hat.

Die Menge, worin die Gase verschluckt werden, hängt ab: 1. Von der Natur der Gase. 2. Von der Natur der Kohle. 3. Von dem äufsern Druck. 4. Von der Temperatur. 5. Von der Beimengung anderer Gase. 6. Von der Gegenwart anderer nicht gasförmiger Materien in der Kohle.

Zu 1. Nach Saussüre verschluckt 1 Mafs ganze Buchsbaumkohle bei 11 bis 13° C. und bei 0,724 Meter Luftdruck

	bei Methode 2	bei Methode 1.
Ammoniakgas	90 Mafse	
Salzsaures Gas	85 —	
Schwefligsaures Gas . .	65 —	
Hydrothionsaures Gas .	55 —	
Stickoxydulgas . . .	40 —	
Kohlensaures Gas . . .	35 —	31,5
Oelerzeugendes Gas . .	35 —	
Kohlenoxydgas . . .	9,42 —	
Sauerstoffgas	9,25 —	8,33
Stickgas	7,5 —	7,0
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas aus feuchter Kohle	5	
Wasserstoffgas	1,75.	

Vom Stickoxydgas nimmt die Kohle 38 Mafs auf, doch wird ein Theil des Gases zersetzt, so dafs dieses Resultat nicht mit den andern zusammengestellt werden darf.

Die wichtigsten Resultate der von den übrigen Physikern angestellten Versuche sind folgende:

Nach *Fontana* nimmt die Kohle vom Stickgas und Wasserstoffgas kaum ihr gleiches Volumen auf. Die glühend unter Quecksilber gelöschte Kohle verschluckt nach Delametherie 12 Mafs kohlensaures Gas, 9 Stickoxydgas, 2 Wasserstoffgas und 2 Stickgas. Morozzo fand, dafs bei der Me-

Digitized by Google

thode 2, wenn das Kohlenstück 1,5 Drachmen wog, und die das Gas enthaltende Glasröhre 1 Zoll weit und 12 Zoll hoch und ganz mit Gas gefüllt war, das Quecksilber nach vollendeter Absorption um folgende Höhen gestiegen war.

	Zoll.	Lin.
Salzsaures, Hydrothionsaures und kohlensaures Gas . .	11	—
Schwefligsaures Gas (aus Vitriolöl und Fett) . .	5	6
Stickoxydgas	6	10
Sauerstoffgas	2	2
Wasserstoffgas	2	1.

Bei der Methode 5. Bei Anwendung 30 Grain schwerer Kohlenstücke und einer 3,5 Linien weiten, 18 Zoll hohen Glasröhre wurden 16 Z. 6 L. kohlensaures, 8 Z. 6 L. Sauerstoffgas und 3 Z. 1 L. Wasserstoffgas absorbirt.

Rouppe und van Noorden fanden mittelst der Methode 6, dafs 16 — 17 Würfelzoll Kohle aufnehmen

	gleich nach der ersten Oeffnung	in 4 — 5 Stunden
Kohlensaures Gas .	230 Würfelzoll	
Salpetergas . . .	—	136 Würfelzoll.
Sauerstoffgas . . .	30	46 —
Stickgas	27	27 —
Wasserstoffgas . .	29 bis 31	29 bis 31.

Nach der Methode 2 fanden Parrot und Grindel, dafs ein Mafs gröblich verkleinerter Kohle verschluckt: 20 Mafs kohlensaures, 5 Mafs Sauerstoffgas, 4 Mafs Stickgas und gar kein Wasserstoffgas.

Zu 2. Hinsichtlich der Natur der Kohle findet theils der Unterschied statt, ob sie im ganzen oder im zerpulverten Zustande angewandt wird, theils der ihrer Abkunft und Bereitung.

Nach Saussüres Versuchen verliert die Kohle durch Pulvern an absorbirendem Vermögen. Eine Buchsbaumkohle, 2,94 Grammen schwer, 4,92 Würfel-Centimeter im Umfang, durch die Luftpumpe luftleer gemacht, verschluckt 35,5 Würfel-Centimeter oder ihren 7,25fachen Umfang atmosphärische Luft. Wird dieselbe zu einem unfühlbaren Staub zerrieben, in einer Glasröhre, die an beiden Enden mit Gaze verschlossen ist, exantlirt, so verschluckt sie nur

Digitized by Google

20,8 Würfel-Centimeter Luft, 4,25 mal so viel, als sie im festen Zustande an Umfang hatte; da sie aber nach dem Pulvern einen Raum von 7,3 Würfel-Centimeter einnimmt, so ist hiernach der Umfang der verschluckten Luft nur der 3fache. Also scheint die Absorption durch Zerstörung, Oeffnung und Erweiterung der Kohlenzellen verringert zu werden; sie scheint in umgekehrtem Verhältnisse mit dem innern Durchmesser der Röhren oder Zellen der Kohle zu stehen.

Diesen Schluss macht Saussüre noch wahrscheinlicher durch Vergleichung verschiedener Kohlenarten, wo sich findet, dass das absorbirende Vermögen mit dem specifischen Gewichte der Kohlen, also mit der Feinheit ihrer Zellen bis zu einem gewissen Puncte zunimmt.

Es absorbirt 1 Mass von	spec. Gewicht.	Masse Luft.
Kohle von Kork . .	0,1	fast 0
Kohle der Tanne . .	0,4	4,5
Kohle des Buchsbaums .	0,6	7,5
Steinkohle vom Rufiberg	1,326	10,5

Noch dichtere Kohlen, namentlich die durch Hindurchtreiben flüchtiger Oele durch glühende Röhren erzeugt, und das Reisblei — verschlucken, vielleicht wegen der zu grofsen Enge ihrer Poren, gar kein Gas, auch das Reisblei nicht nach dem Pulvern, wahrscheinlich, weil die so erhaltenen Räume zu weit sind.

Morozzo erhielt bei Vergleichung der Kohlenarten folgende Resultate:

1. Während nach Obigem eine 1,5 Drachme schwere Holzkohle 11″ kohlensaures Gas, 6″ 10‴ Stickoxydulgas, 2″ 2‴ Sauerstoffgas und 2″ 1‴ Wasserstoffgas und 3″ 6‴ Luft verschluckte, so verschluckte geglühte Steinkohle von Toscana — von gleichem Umfange nur 8″ 8‴ kohlensaures Gas, 3″ 11‴ Stickoxydgas, 2″ Sauerstoffgas 1″ 1‴ Wasserstoffgas und 2″ 6‴ Luft. Die Steinkohle von Macon in Savoyen nahm von diesen Gasarten gegen 1 Zoll mehr auf, als die von Toscana.
2. In einer 0,5 Zoll weiten 12 Zoll langen Röhre verschluckt 0,5 Drachme Kohle nach Methode 2 an Luft

Digitized by Google

	in 1 Stunde.	in 24 Stunden
Kohle von Buche	2″ 3‴	2″ 4‴
Kohle von Weide	2 2,5	2 3,5
Kohle von Pappel	2 1,5	2 3,5
Kohle von Haselnufs	1 11	2 —
Kohle von Weinrebe	1 1	1 8.

3. Nach noch andern Versuchen Morozzos nach Methode 5 verschlucken folgende Kohlen innerhalb 6 Stunden folgende Höhen von Luft:

Kohle von Rothbuchen	7″ 8‴
Kohle von Weidenzweigen ohne Rinde	4 3
Kohle von Buxbaum	7 8
Kohle von Kork nur 3 Grain schwer	0 9.

Zu 3. Schon Fontana zeigte, dafs wenn man in eine 35″ lange mit Luft gefüllte, und durch Quecksilber gesperrte Röhre, Kohle, steigen läfst, und die Röhre der wagerechten Lage nahe bringt, alle Luft verschluckt wird, die sich aber zum Theil wieder entwickelt, sobald man der Röhre eine senkrechte Stellung giebt.

Saussüre brachte Kohle, die beim gewöhnlichen Luftdruck mit einem Gase gesättigt war, in die Torricellische Leere, wo sich ein Theil des Gases aus der Kohle entwickelte nnd das Quecksilber herunterdrückte. Hier gab die Höhe des Quecksilbers den Druck an, unter welchem sich das frei gewordene Gas befand, und aus dem Raume desjenigen Theils der Röhre, der mit Gas gefüllt war, ergab sich der Umfang des freigewordenen Gases bei diesem Drucke. Zog er nun diesen Umfang von demjenigen ab, der alles bei gewöhnlichem Luftdruck von der Kohle absorbirte Gas unter diesem geringeren Drucke eingenommen hätte, so fand er den Umfang des verdünnten Gases, welches in der Kohle unter dem geringeren Drucke zurückgeblieben war. Will man den Versuch noch bei einem andern Luftdruck anstellen, so läfst man noch eine bestimmte Menge Gas in die Röhre steigen. So fand Saussüre, dafs 1 Mafs Kohle bei dem gewöhnlichen Luftdruck von 0,7343 Meter 34,5 Mafse kohlensaures Gas verschluckt, dafs sie dann unter einem Druck von 0,2606 Meter, wo sich die 34,5 zu 97,21 ausdehnen 28,16 Mafs des ausgedehnten Gases entwickelt,

Digitized by Google

also 69,05 desselben zurückbehält; ferner dafs die mit 34,5 Mafs koklensaurem Gas bei gewöhnlichem Druck gesättigte Kohle unter einem Druck von 0,4038 Meter, wo das Gas 62,74 Mafse einnehmen würde, 12,83 Mafs entwickelt, also 49,91 des ausgedehnten Gases zurückbehält. Versuche mit andern Gasarten gaben Saussüre ähnliche Resultate. Hieraus folgt, dafs die Kohle vom ausgedehnten Gase zwar immer ein geringeres Gewicht, aber doch ein gröfseres Volumen verschluckt, als vom verdichteten, und dafs also das hinsichtlich der Absorption der Gasarten durch Wasser aufgestellte *Henrysche Gesetz* bei der Kohle keine Anwendung findet.

Zu 4. Dafs die Kohle um so mehr Gas verschluckt, je niedriger die Temperatur ist, wird nicht nur von Rouppe und van Noorden ausdrücklich erwähnt, sondern geht schon aus der Betrachtung hervor, dafs die von der Kohle absorbirten Gase durch Erhitzen derselben wieder entwickelt werden.

Zu 5. Ueber das Verhalten der Kohle zu Gasgemengen, und über das Verhalten der mit einem Gase gesättigten Kohle zu einem zweiten, läfst sich nach Saussüre folgendes angeben:

Kommt die mit einem Gase gesättigte Kohle mit einem zweiten in Berührung, so entwickelt sie immer (wenn keine chemische Verbindung der Gase statt findet) einen Theil des ersteren, und nimmt einen Theil des letzteren auf. Hierbei wird der Gasumfang abnehmen und Wärmeentwickelung eintreten, wenn das zweite Gas (kohlensaures Gas) reichlicher verschluckbar ist, als das erste (Wasserstoffgas); im entgegengesetzten Falle erfolgt Vergröfserung des unabsorbirt bleibenden Gasgemenges und Erkältung. Das erste Gas wird immer um so vollständiger durch das zweite ausgetrieben, in je gröfserem Ueberschusse das letztere mit der Kohle in Berührung kommt, doch ist die Ausscheidung des erstern Gases in verschlossenen Gefäfsen nie vollständig.

Die Gegenwart des einen Gases in der Kohle begünstigt nach Saussüres Versuchen häufig die Absorption des andern. Mit Stickgas oder kohlensaurem Gas gesättigte Kohle, in Sauerstoffgas gebracht, behält mehr von den ersteren Gasarten bei sich, und verschluckt mehr an Sauerstoffgas, als es

Digitized by Google

der Fall seyn müfste, wenn man annähme, ein Theil der Kohle sättige sich hierbei mit dem einen Gase und der andere Theil mit dem andern. Aehnlich verhält sich die mit Sauerstoffgas gesättigte Kohle gegen Wasserstoffgas, und die mit Wasserstoffgas gesättigte gegen Stickgas, während das Stickgas die Absorption des kohlensauren nach Saussüre nicht zu befördern scheint. Das von Dalton für die Absorption gemengter Gasarten durch Wasser gegebene Gesetz findet daher hier keine Anwendung; doch ist es auch möglich, dafs die Abweichungen von demselben, die sich bei der Absorption durch Kohle finden, davon herrühren, dafs das Sauerstoffgas von der Kohle anhaltend verschluckt wird, und sich in Kohlensäure verwandelt, dafs in einigen Fällen der Versuch nicht lange genug dauerte, und endlich auch Beobachtungsfehler möglich sind.

1 Mafs Buxbaumkohle mit 9, 2 Mafs Sauerstoffgas gesättigt, und in 15,6 Mafs Wasserstoffgas gebracht, entwikkelt nach Saussüre, während das mit der Kohle in Berührung gesetzte Thermometer um 0°,5 C. fällt, 4,55 Mafs Sauerstoffgas und verschluckt dagegen 1,34 Wasserstoffgas. Wenden wir hierauf die bei der Verschluckung der Gasarten durch Wasser auseinandergesetze *Daltonsche Formel* an, und nehmen wir mit Saussüre an, 1 Mafs Buchsbaumkohle verschlucke 9,2 Mafs Sauerstoffgas und 1,75 Mafs Wasserstoffgas, so hätte die Kohle an Sauerstoffgas verschluckt behalten müssen: $9{,}2.\frac{4{,}55}{18{,}81} = 2{,}23$ M. (während sie 4,65 M. zurückhielt) und von Wasserstoffgas hätte sie aufnehmen müssen: $1{,}75.\frac{14{,}26}{18{,}81} = 1{,}38$ M. (während sie davon 1,34 Mafs verschluckte).

Brachte Saussüre dieselbe mit Sauerstoffgas gesättigte Kohle in 11 Mafs Wasserstoffgas, so wurden 3,12 Mafs Sauerstoffgas ausgetrieben und 0,76 M. Wasserstoffgas verschluckt; es blieben also in der Kohle 6,08 Mafs Sauerstoffgas. Nach der *Daltonschen Formel* müfste diese Kohle enthalten: $9{,}2.\frac{3{,}12}{13{,}36} = 2{,}15$ Mafs Sauerstoffgas und $1{,}75.\frac{10{,}24}{13{,}36}$ $= 1{,}34$ Mafs Wasserstoffgas. Hier blieb also zu viel

Digitized by Google

Sauerstoffgas in der Kohle und sie nahm zu wenig Wasserstoffgas auf, vielleicht, weil der Versuch nicht lange genug dauerte.

1 Mafs Buxbaumkohle mit 1,75 Mafs Wasserstoffgas gesättigt, und in 20,45 Mafs Sauerstoffgas gebracht (welches 2 Procent Stickgas enthielt), absorbirte innerhalb 24 Stunden, wobei das damit in Berührung gesetzte Thermometer anfangs um 2°,5 C. stieg, 7,5 Mafs Sauerstoffgas und stiefs dafür 1 Mafs Wasserstoffgas aus, und behielt also 0,75 Mafs Wasserstoffgas. Nach der Daltonschen Formel hätte die Kohle 9,2. $\frac{12,05}{13,95}$ = 8,54 M. Sauerstoffgas absorbiren und 1,75. $\frac{1,00}{13,95}$, = 0,13 Mafs Wasserstoffgas zurückhalten müssen. Vielleicht war auch hier der Versuch innerhalb der 24 Stunden noch nicht ganz beendigt.

1 Mafs Buxbaumkohle in 16 Mafs eines Gemenges gebracht, das aus $\frac{1}{3}$ Sauerstoffgas und $\frac{1}{3}$ Wasserstoffgas bestand, absorbirte 3 Mafs Sauerstoffgas und 1 Mafs Wasserstoffgas. Ersteres hätte nach Daltons Formel 9,2. $\frac{2,33}{12}$ = 1,78 Mafs und letzteres 1,75. $\frac{9,66}{12}$ = 1,41 betragen müssen.

1 Mafs Buxbaumkohle mit einem Gemenge von 8 Mafs Stickgas und 8 Mafs Wasserstoffgas in Berührung, verschluckt in 24 Stunden 3,5 Mafs Stickgas und 0,9 Mafs Wasserstoffgas, und es erfolgt bei 5 Wochen langem Zusammenstehen keine weitere Verdichtung. Die Absorption des ersteren hätte nach Daltons Formel 7,5. $\frac{4,5}{11,6}$ = 2,9 Mafs und die des Wasserstoffgases 1,75. $\frac{7,1}{11,6}$ = 1,1 Mafs betragen müssen.

Ueber das Verhalten der Kohle gegen die atmosphärische Luft sind von vielen Physikern Versuche angestellt worden. 1 Mafs Holzkohle verschluckt nach Fontana gegen 6 Mafs Luft, so dafs nichts übrig bleibt; nach Lametherie 6 bis 10 Mafs; nach Morozzo verschlucken 30 Grain Holzkohle nach Methode 5 bei Anwendung einer 18 Zoll hohen, mit Luft gefüllten, Glasröhre 7″ 6‴, wenn die Kohle zuvor geglüht, und 3″ wenn gewöhnliche Kohle entweder der Sonne ausgesetzt, oder bis zu 100° erhitzt worden war; nach

Digitized by Google

Rouppe und van Noorden nehmen 16 — 17 Würfelzoll Kohle nach Methode 6 nach der ersten Oeffnung 36, und dann noch weitere 12 Würfelzoll Luft auf; nach Parrot und Grindel absorbirt 1 Mafs Kohlpulver gegen 5 Mafs Luft; nach Vogel verschlucken nach Methode 3, 240 (oder vielmehr da beim Glühen derselben im Flintenlaufe 30 Gran zerstört werden, 210) Gran Fichtenkohle 7 Würfelzoll Luft; 90 Gran Kohle von Weinstein, mit Wasser und Salzsäure ausgezogen, verschlucken auf dieselbe Weise 4,5; 1 Unze Beinkohle 2,5 und 1 Unze Blutkohle 4,25 Würfelzoll Luft.

Bei dieser Einwirkung der Kohle auf die Luft wird immer verhältnifsweise mehr Sauerstoffgas als Stickgas verschluckt, so dafs bei einem gewissen Verhältnifs der Kohle zur Luft fast reines Stickgas übrig bleibt. Dieses ist durch die Versuche von Parrot und Grindel, von Vogel und von Saussüre auf das Bestimmteste dargethan und wenn Rouppe und van Noorden im Gegentheil fanden, dafs der nicht absorbirte Rückstand der Luft noch eben so reich an Sauerstoffgas war, wie die Luft vor dem Versuche, so rührt dies ohne Zweifel von ihrem Apparat 6 her, in welchem die freie Communication der Luft mit den Kohlen erschwert war, und letztere blos auf diejenigen Theile derselben wirken konnte, welche in den Kohlenbehälter eingedrungen waren. So fand auch Vogel, dafs bei Anwendung seiner Methode 3 aus demselben Grunde die in der Glasglocke rückständige Luft öfters nicht verschlechtert war, wohl aber die im Flintenlaufe befindliche.

Zu 6. Die Gegenwart von Wasser in der Kohle vermindert in den meisten Fällen die Absorption der Gase. Nach Saussüre nimmt befeuchtete Kohle die Gase in viel kleinerm Mafse und viel langsamer auf, als trockene. So verschluckt nach ihm 1 Mafs Buxbaumkohle unter Quecksilber gelöscht, erkaltet und dann schwach befeuchtet nur 15 Mafs kohlensaures Gas, und braucht hierzu statt 24 Stunden, 14 Tage. Ist die Kohle gänzlich von Wasser durchdrungen, und kommt sie so mit Sauerstoffgas, Stickgas oder kohlensaurem Gas in Berührung, so läfst sie nach Saussüre, während sie Gas aufnimmt, einen Theil des Wassers aus den Poren ausdrin-

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK MÜNCHEN

Digitized by Google

gen. Dieser Behauptung steht jedoch hinsichtlich des Stickgases die von Vogel entgegen, nach welcher Kohle, welche man entweder glühend in das Wasser getaucht, oder zuerst nach Methode 3 im Flintenlaufe geglüht, dann abgekühlt, dann durch Oeffnen des Hahns unter Wasser mit Wasser durchnäfst und endlich auf einen Filtrum gesammelt hat, durchaus kein Stickgas verschluckt, dagegen allerdings Sauerstoffgas, so dafs eine solche feuchte Kohle als eudiometrisches Mittel und zur Abscheidung eines reinen Stickgases aus der Luft dienen kann.

Morozzo tränkte (wie es scheint, gewöhnliche) Holzkohle mit folgenden 4 Flüssigkeiten, wischte sie mit Fliefspapier ab, und brachte sie kalt in den Apparat 5; hier verschluckte die mit Schwefelsäure befeuchtete Kohle 9 Linien, die salpetersaure 4,5, die mit Kalilösung getränkte 3 und die mit Kalkwasser benetzte 1,5 Linien Luft, also hatten alle diese Flüssigkeiten die absorbirende Kraft der Kohle bedeutend geschwächt.

Die *Schnelligkeit* mit welcher die Absorption der Gasarten durch Kohlen erfolgt, hängt von denselben Umständen ab, wie die Menge und aufserdem noch von der Oberfläche, dem Bewegen u. s. w. Die trockene Kohle ist, wenn kein besonderer Umstand eintritt, nach Saussüre in 24 bis 36 Stunden völlig mit einem Gase gesättigt.

Bei dieser Absorption der Gase durch Kohle findet eine merkliche Wärmeentwickelung statt. Eine buchene Kohle 8 Centim. hoch, 4 Centim. dick erhitzt, während sie ein Gas absorbirt, ein in einer Höhlung derselben gestelltes Thermometer nach Saussüre um mehrere Grade. Die stärkste Erhitzung findet statt bei der Absorption des Ammoniakgases, eine schwächere, doch noch 14° C. betragend, beim kohlensauren Gas, eine noch schwächere beim Sauerstoffgas, und beim Wasserstoffgas endlich ist sie nicht mehr bemerklich.

Die meisten Gase scheinen, nachdem sie von der Kohle verschluckt sind, keine weitere Veränderung zu erleiden, und man kann sie deshalb, wie sich unten zeigen wird, durch geeignete Mittel wieder hiervon scheiden. Nur bei dem Sauerstoffgas kommt eine merkwürdige Ausnahme vor. Schon Morozzo fand, dafs dieses Gas fortwährend von der Kohle

Digitized by Google

verschluckt wurde; als die erste Portion nach 8 Tagen verschwunden war, so liefs er eine zweite hinzu, welche ebenfalls verschwand. Indem er hiebei keine Entwickelung von kohlensaurem Gase wahrnahm, so schlofs er mit Unrecht, dafs keine Kohlensäure gebildet werde. Saussüre brachte 1 Mafs Buxbaumkohlen mit überschüssigem Sauerstoffgas zusammen; dieselbe hatte absorbirt: nach 24 Stunden 9,25 Mafse, nach 2 Monaten 11 M. nach 14 Monaten 13 M. und selbst nach 18 Monaten war die Absorption noch nicht beendigt. Das rückständige Gas war reines Sauerstoffgas. Wahrscheinlich wäre diese Verschluckung fortgegangen, bis 35 Mafse Sauerstoffgas aufgenommen worden wären; denn diese erzeugen 35 Mafs kohlensaures Gas, und so viel Mafse des letzteren Gases sind von 1 Mafs Kohle verschluckbar; dann erst würde sich freies kohlensaures Gas entwickelt haben; doch dazu wäre vielleicht eine lange Reihe von Jahren erforderlich gewesen. Um dieses abzukürzen, brachte Saussüre feuchte Kohle mit Sauerstoffgas in Berührung, indem dieses nur 15 Mafs kohlensaures Gas verschlucken kann. 1 Mafs nasse Buxbaumkohle verschluckte in 10 Monaten 15 Mafs Sauerstoffgas, und der Rest enthielt noch kein kohlensaures Gas; hierauf hörte die weitere Gasverminderung auf, und 4 Monate später fand sich im nicht absorbirten Sauerstoffgas 0,5 Mafs kohlensaures Gas; auch trübte die hierzu gebrauchte Kohle reichlich das Kalkwasser, in welches man sie warf.

Die thierische Kohle scheint nach Vogel noch andere Veränderungen bei der Absorption von Luft oder Sauerstoffgas zu erleiden. 1 Unze Beinkohle, die nach Methode 3: 2,5 Würfelzoll Luft aufgenommen hat, stöfst nach einiger Zeit von selbst wieder 4,5 Würfelzoll Stickgas aus, dem wenig Sauerstoffgas beigemengt ist. Die Kohle stöfst also in Verhältnifs, als sie sich mit Feuchtigkeit sättigt, nicht blofs das absorbirte Stickgas aus, sondern auch noch Stickgas aus ihrer eigenen Masse. Blutkohle mit Luft gesättigt, stöfst kein Gas aus; doch bildet sich in derselben, nach Vogels Angabe Ammoniak.

Läfst man Kohle sich mit 2 Gasarten sättigen, welche nur unter gewissen Umständen der Verbindung unter einan-

der fähig sind, so scheint diese doch nicht in der Kohle vor sich zu gehen. Nach Saussüre erzeugt sich beim Wasser in der Kohle, wenn diese Wasserstoffgas und Sauerstoffgas zugleich aufnimmt, eben so wenig Salpetersäure beim Imprägniren desselben mit Sauerstoffgas und Stickgas, und eben so wenig Ammoniak bei Stickgas und Wasserstoffgas. Rouppe und van Noorden glaubten Wasserbildung wahrzunehmen, als sie mit Wasserstoffgas geschwängerte Kohle mit Luft oder Sauerstoffgas zusammenbrachten; sie wollten nämlich nicht blofs eine Erhitzung der Kohle um 48° F, sondern sogar die Bildung von Wassertropfen bemerkt haben. Allein das wenige Wasser, was sich aus dem absorbirten Wasserstoffgas erzeugen konnte, wäre zu fest von der Kohle gehalten werden, als dafs es sich in Tropfen entwickeln konnte. Da diese Physiker die Sättigung der Kohle mit Wasserstoffgas über Wasser vor sich gehen liefsen, so hatte sie sich zugleich mit Wasser beladen. Auch fand Saussüre, dafs mit Wasserstoffgas gesättigte Kohle beim Hineinbringen in Sauerstoffgas sich nur um 2,5° C. erhitzte (während reine Kohle in Sauerstoffgas eine höhere Temperatur annimmt) und dafs umgekehrt mit Sauerstoffgas gesättigte Kohle beim Hineinbringen in Wasserstoffgas sich um 0,5° C. abkühlte. Erzeugtes Wasser war nie zu bemerken. Die Absorption der Gase erfolgte in andern Verhältnissen, als in den zur Wasserbildung erforderlichen, und endlich liefs sich ein grofser Theil des absorbirten Sauerstoff- und Wasserstoff-Gases durch Befeuchten der Kohle mit Wasser wieder austreiben.

Nach Brugnatelli[1] zeigt die Kohle verschiedene elektrische Beziehungen, je nachdem sie mit diesem oder jenem Gase vereinigt ist. Er unterscheidet eine Wasserstoffkohle und eine thermoxydirte Kohle. Erstere bereitet er theils durch Sättigen der geglühten Kohle mit Wasserstoffgas, theils durch Eintauchen glühender Kohlen in Wasser, wo das durch die Kohle aus dem Wasser entwickelte Wasserstoffgas von der Kohle zurückgehalten werde. Die thermoxydirte Kohle stellt er dar, indem er Kohlen in Berührung mit Wasser

1 Gehlen J. 11. 553.

Digitized by Google

an das positive Ende der Volta'schen Säule bringt, oder indem er die Kohle in Chlorgas taucht, und die gebildete Salzsäure mit Wasser wegwäscht, oder indem er Kohle kalt mit starker Salpetersäure im Dunkeln oder mit sehr schwacher am Sonnenlichte behandelt. Nach Volta's Versuchen wird die thermoxydirte Kohle in Berührung mit allen übrigen Substanzen negativ elektrisch, während die gemeine Kohle in der galvanischen Reihe zwischen Graphit und Gold, und die Wasserstoffkohle, welche jedoch am schnellsten ihr Eigenthümliches verliert, zwischen Zinn und Zink steht.

Die Entwickelung der von der Kohle verschluckten Gase kann hervorgebracht werden durch Luftverdünnung, durch Temperaturerhöhung, durch Hinzutreten anderer Gase und anderer nicht gasförmiger Substanzen, besonders des Wassers.

Schon Fontana zeigt, dafs die in einer langen, zum Theil mit Quecksilber gefüllten und geneigten Röhre mit Luft gesättigte Kohle beim Aufrechtstellen derselben einen grofsen Theil der Luft von sich gab, welcher sich fast blofs wie Stickgas verhielt, dem gegen $\frac{1}{12}$ kohlensaures Gas beigemengt war. War die Kohle mit Sauerstoffgas gesättigt worden, so entwickelte sie dieses bei demselben Verfahren, und dasselbe zeigte sich mit 0,25 kohlensaurem Gas vereinigt. Saussüre fand, dafs diese Entwickelung der Gase eine ungefähr eben so grofse Erkältung hervorbringt, wie zuvor ihre Absorption eine Erhitzung bewirkte. Obige Kohle, welche das damit verbundene Thermometer bei der Sättigung mit kohlensaurem Gas um 14° C. hatte steigen machen, bewirkte auch wieder ein Fallen desselben um 14°, als sie unter die Luftpumpe gebracht wurde; mit Luft gesättigte Kohle brachte bei dem Auspumpen nur eine Erkältung von 3 bis 4° zuwege. Dafs die gut ausgepumpte Kohle immer noch etwas Gas zurückhält, und deswegen von irgend einem Gase etwas weniger verschluckt, als die geglühte Kohle, ist schon oben erwähnt.

Glühhitze scheint die Gase aus der Kohle gänzlich oder fast gänzlich auszutreiben; dafs sich hierbei das absorbirte Sauerstoffgas zum Theil als kohlensaures und Kohlenoxydgas entwickelt, ist leicht einzusehen. Jedoch auch schon durch eine Erhitzung, die höchstens bis zu 100° C. steigt, wird

Digitized by Google

nach Rouppe und van Noorden, nach Morozzo und Vogel ein grofser Theil der Gase ausgetrieben. Der Luft ausgesetzt gewesene Kohle, welche man bis zu 100° erhitzt hat, verschluckt nach Morozzo beinahe halb so viel Luft, wie die geglühte; eben soviel absorbirt die lufthaltige Kohle, wenn sie 7 Stunden lang dem Sonnenlicht ausgesetzt wurde, obgleich hierbei die Erhitzung lange nicht so beträchtlich seyn kann. Eine Unze an der Luft erkaltete Fichtenkohle in einem Gasentwickelungsapparate, trocken bis zu 100° C. erhitzt, entwickelt nach Vogel 10 Würfelzoll einer Luft, in welcher das Verhältnifs des Sauerstoffgases zum Stickgase dasselbe ist, wie in der atmosphärischen. Da 1 Unze Fichtenkohle nach andern Versuchen Vogels gegen 14 Würfelzoll Luft verschluckt, so mufsten gegen 4 Würfelzoll Luft in der Kohle geblieben seyn, und zwar vorzüglich Sauerstoffgas, weil dieses reichlicher von der Kohle aufgenommen wurde, als das Stickgas, und sich beim Erhitzen bis zu 100° diese beiden Gasarten im atmosphärischen Verhältnisse entwickelten. Wird daher diese bis zu 100° erhitzt gewesene Kohle wieder mit Luft zusammengebracht, so nimmt sie in der Kälte wieder einen Theil derselben auf und zwar genau im atmosphärischen Verhältnisse, so dafs der nicht verschluckte Theil unveränderte Luft ist.

Dafs die mit einem Gase gesättigte Kohle beim Befeuchten mit Wasser einen Theil des Gases, unter einer Art von Aufbrausen entwickle, bemerkten Fontana, Lametherie, Morozzo, Parrot und Grindel. Dagegen überzeugte sich Vogel, dafs eine glühend unter Quecksilber gebrachte Kohle nach dem Erkalten beim Befeuchten mit Wasser kein Gas fahren läfst. Lametherie fand, dafs mit irgend einem Gase gesättigte Kohle beim Befeuchten mit Wasser frei werden liefs: beim Wasserstoffgas $\frac{1}{4}$, bei Salpetergas und Stickgas $\frac{1}{6}$ vom ursprünglich verschluckten Gase. Nach Saussüre verliert 1 Mafs Buxbaumkohle, die mit 7,5 M. Stickgas gesättigt ist, beim Befeuchten mit Wasser von gleichem Umfang mit der Kohle, 6,5 M., behält also blofs 1 M. Stickgas. Ein Mafs trockene Buchenkohle, die sich mit 9,25. M. Sauerstoffgas gesättigt hat, entwickelt im Wasser 3,5 M., behält also 5,75 M. Sauerstoffgas. Ein Mafs mit Wasser-

Digitized by Google

stoffgas gesättigte Kohle behält nach dem Durchdringen mit Wasser 0,65 M. zurück. Ein Mafs mit 33 M. kohlensaurem Gas verbundene Kohle entwickelt hierbei 17 Mafse. Die Entwickelung ist so heftig, dafs man beim Zusammenbringen von mit kohlensaurem Gase gesättigter Kohle mit einer gröfseren Menge Wasser in einer starken verstopften Flasche Sauerwasser darstellen könnte. Die Austreibung der Gase durch Wasser ist in 48 Stunden beendigt. Noch gröfsere Mengen des Gases lassen sich durch Kochen der gashaltigen Kohle mit Wasser austreiben, doch nicht alles. Die so durch Wasser ausgetriebenen Gase, auch wenn sie mehrere Tage in der Kohle verweilt hatten, schienen nach Saussüre nicht verändert zu seyn; das ausgetriebene Sauerstoffgas hält keine Kohlensäure, aufser wenn es erst nach Monaten ausgetrieben wird; das Wasserstoffgas ist nicht mit Kohlenwasserstoffgas, und das kohlensaure nicht mit Kohlenoxydgas gemengt; nur halten sie ein wenig Stickgas beigemengt, welches wahrscheinlich schon in der glühenden Kohle enthalten gewesen war.

Mit Luft gesättigte Kohle entwickelt nach Fontana im Wasser 0,6 der verschluckten Luft, und das so Ausgetriebene besteht aus viel Stickgas mit wenig kohlensaurem und Sauerstoffgas. Nach Delametherie treibt das Wasser aus glühend in Quecksilber gelöschter, dann mit Luft gesättigter Kohle nur 0,25 derselben aus, und dieses verhält sich wie reines Stickgas; doch will er auch gefunden haben, dafs gewöhnliche Kohle mit Wasser eine Luft entwickelt, die ungefähr so gut ist, wie die atmosphärische (dies war wohl nur die in den Poren frei enthaltene Luft). Nach Morozzo giebt die mit Luft gesättigte Kohle nur $\frac{1}{16}$ derselben im Wasser von sich, und dieses $\frac{1}{16}$ ist ein Gemenge von Stickgas und von kohlensaurem (?) Gas. Nach Parrot und Grindel ist das durch Wasser aus lufthaltiger Kohle entwickelte Gas reines Stickgas.

Die ausführlichsten Versuche über das Verhältnifs lufthaltiger Kohle zu Wasser sind folgende von Vogel: Gewöhnliche, nicht frisch geglühte Holzkohle entwickelt im Wasser kein Gas, weil sie sich schon an der Luft mit Feuchtigkeit beladen und das durch das Wasser austreibbare Gas

Digitized by Google

verloren hat. Ausgeglühte und an der Luft erkaltete Fichtenkohle in einem Beutel in eine Glocke voll Luft 0,5 Zoll hoch über Wasser gehängt, entwickelt allmälig viel Gas, welches reines Stickgas ist. Neun Unzen derselben Fichtenkohle, in Wasser geschüttet, 15,81 Würfelzoll rheinl. Gas, welches in 100 ungefähr 15,75 Sauerstoffgas gegen 84,15 Stickgas enthält. Eben so verhält sich auch zuerst mit Salzsäure ausgekochte, dann geglühte und an der Luft erkaltete Fichtenkohle. Also entwickelt die Kohle, wie wenigstens Vogel folgert, wenn sie sich langsam mit Wasser sättigt, reines Stickgas, wenn sie schnell damit gesättigt wird, zugleich etwas Sauerstoffgas, doch wird immer ein Theil des Sauerstoffgases von der Kohle zurückgehalten. Kohle von Weinstein mit Wasser und Salzsäure ausgezogen, nochmals geglüht und an der Luft erkaltet, entwickelt mit Wasser weniger Gas, als die Holzkohle ($\frac{1}{6}$ von der Menge der verschluckten Luft) und zwar ist dieses reines Stickgas. Diese Kohle schwimmt, wegen ihrer Zartheit, auf dem Wasser, und deshalb tritt bei ihr dieselbe langsame Einwirkung des Wassers ein, wie bei der über Wasser aufgehängten Fichtenkohle. Zwei Unzen geglühte und an der Luft erkaltete Fichtenkohle, welche im kalten Wasser 19 Würfelzoll Gas entwickelt haben, welches wenig Sauerstoffgas hält, entwickeln beim Sieden des Wassers noch 4,5 Würfelzoll, die blofs $2\frac{1}{3}$ Procent Sauerstoffgas enthalten. Doch auch jetzt scheint nach Vogels Vermuthung ein Theil Stickgas in der Kohle geblieben zu seyn. Bringt man die mit Luft gesättigte Kohle nicht erst in kaltes Wasser, sondern sogleich in siedendes, so entwickelt sich viel Stickgas, dem nur sehr wenig Sauerstoffgas beigemengt ist.

b. Absorption der Dämpfe durch Kohle.

Die Kohle zieht mit grofser Begierde die Wasserdämpfe an sich. Setzt man frisch geglühte Kohle der freien Luft aus, so nimmt sie beträchtlich an Gewicht zu, und diese Gewichtszunahme ist nur dem kleinsten Theile nach von der verschluckten Luft abzuleiten, da dieselbe Kohle, in einer gröfsern Menge von Luft, als sie zu absorbiren vermag, eingeschlossen, blofs eine sehr geringe Gewichtszunahme zeigt. Diese Gewichtszunahme der Kohle in freier Luft

Digitized by Google

beträgt nach Allen und Pepys[1], bei der Kohle von Guajakholz 9,6 Procent; bei der von Tannenholz 13; bei der Buxbaumholzkohle 14; bei der Buchenkohle 16,3, bei der Eichenkohle 16,5 und bei der Mahagonikohle 18 Procent. Sie erfolgt zum gröfsten Theil in den ersten 2 Stunden und erreicht ihr Maximum in weniger als 24 Stunden. Erhitzt man eine solche, der Luft ausgesetzt gewesene Kohle in einer Retorte, so geht zuerst wirkliches Wasser über, bei zunehmender Temperatur jedoch entwickelt sich eine grofse Menge Gas, von der Zersetzung des übrigen Wassers durch die Kohle herrührend.

Dafs auch andere Dämpfe durch die Kohle absorbirt werden, beweisen theils die Erfahrung Saussüres, nach welcher sie den Aetherdampf reichlich verschluckt, theils vorzüglich Döbereiner's Versuche. 8 Pfund, in einem Siebe befindliche Kohlen befreiten ein mit Tabacksdampf gefülltes Zimmer über Nacht von allem Tabacksgeruch, füllt man 3 Flaschen, jede 36 Würfelzoll fassend, die erste mit Tabacksrauch, die zweite mit dem Rauch von asa foetida, die dritte mit dem Rauch vom Berliner Räucherpulver, und bringt in eine jede 1,5 Würfelzoll frisch geglühte und gepulverte Lindenholzkohle; so verliert die erste Flasche in 1; die zweite in $2\frac{1}{2}$; die dritte in 3 Stunden allen Geruch. Auch Blausäuredampf wird durch die Kohle aus der Luft vollständig aufgenommen; so verliert auch aus Schwefelsäure und Zink entwickeltes Wasserstoffgas und das bei der trockenen Destillation des Holzes erhaltene brennbare Gas in Berührung mit Kohle, welche völlig mit Wasser durchdrungen ist, allen Geruch. Luft, durch faulendes Fleisch stinkend geworden, verliert durch schwach befeuchtete Kohle ihren fauligen Gestank, doch nicht alles Ammoniak. Läfst man Tabacksdampf aus einer Pfeife in eine mit Kohle gefüllte Büchse, und dann erst in den Mund treten; so erhält man zuerst wenig Rauch, der geruch- und geschmacklos ist, erst bei der zweiten und dritten Pfeife, in Verhältnifs, als sich die Kohle sättigt, nimmt der Rauch immer mehr den Geruch und Geschmack des Tabacks an, und die Kohle ist

1 Gehlen J. V. 669.

übelriechend und feucht geworden. Bewegung der Kohle befördert diese Absorption. Bringt man daher die Kohle in eine grofse mit Luft und Tabacksdampf gefüllte Glocke, ohne zu schütteln, so nimmt sie den Tabacksgeruch nicht ganz hinweg. Dafs dieses dennoch nach obiger Erfahrung im Zimmer der Fall war, leitet Döbereiner von den Strömungen der Luft im Zimmer wegen Temperaturverschiedenheit ab. Um den Einfluss des Wassers auf diese absorbirende Wirkung der Kohle kennen zu lernen, schwängerte er 3 Flaschen Luft mit Tabacksdampf an, brachte in die erste 2 Würfelzoll trockne Kohle, in die zweite ebensoviel mit 1 Drachme Wasser befeuchtet, und in die dritte 2 Unzen Wasser ohne Kohle, und schüttelte alle drei Flaschen einigemal. Hier verschwand der Geruch in der ersten Flasche in $\frac{3}{4}$ Stunden, in der zweiten in $\frac{1}{4}$ Stunde und in der dritten blieb er Tage und Wochen. Also verschluckt feuchte Kohle solche riechende Dämpfe schneller als trockene, allein dem blofsen Wasser kommt dieses Vermögen nicht zu. Der Rufs, welcher sich beim Verbrennen von Pech, Wachholderholz u. s. w. erhebt, nimmt den Geruch von Taback und von Hirschhornsalz nicht hinweg, und es beruht also nicht etwa auf einem solchen Verhältnisse die angebliche luftreinigende Wirkung solcher Räucherungen.

B. Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch andre starre Körper als durch Kohle.

a. Absorption der Gasarten durch dieselbe.

Morozzo glaubte zu finden, dafs geglühter Bimstein, Backstein und Glas und stark erhitzter Schwefel, Bernstein und Berlinerblau keine Art von Gas verschlucken. Saussüres Versuche zeigen dagegen, dafs viele steinige und organische Substanzen etwas Gas aufnehmen, wiewohl weit weniger als die Kohle. Die von ihm geprüften Materien wurden theils zuerst geglüht, und darauf noch unter der Luftpumpe nach Methode 1. exantlirt, so der Meerschaum von Valecas bei Madrid, der Holzasbest aus Tyrol, der Bergkork und der Schwimmquarz von Vauvert, von 1,18 spec. Ge-

Digitized by Google

wicht auf dem Wasser schwimmend, durch's Glühen 3,35 Procent verlierend; andere wurden blofs exantlirt, wie der Klebschiefer von Menil-Montant, der Hydrophan aus Sachsen, der gebrannte, durch Wasser wieder erhärtete und an der Luft getrocknete Gyps, die Bergmilch aus dem Jura und die organischen Substanzen. Letztere wurden zwar nicht blofs an der Luft, sondern auch durch Chlorcalcium getrocknet, behielten aber doch noch immer etwas Feuchtigkeit. Dasselbe Stück eines jeden der erwähnten Körper diente zu den Versuchen mit den verschiedenen Gasarten; es wurde nach jedem Versuche wieder geglüht und ausgepumpt oder blofs ausgepumpt. Da alle diese Körper vor dem Zusammenbringen mit den Gasen mit Quecksilber zusammenkamen, so wurden ihre Poren mit diesen erfüllt, daher das absorbirte Gas oft weniger beträgt, als der Raum der Poren des absorbirenden Körpers.

1 Mafs folgender Körper verschluckt bei 15°C. von folgenden Gasen Mafse:

	Meerschaum	Klebschiefer	Holzasbest	Bergkork	Hydrophan	Quarz	Gyps
Ammoniakgas	15	113	12,75	2,3	64	10	—
Salzsaures Gas	—	—	—	—	17	—	—
Schwefligsaures Gas	—	—	—	—	7,37	—	—
Hydrothionsaures Gas	11,7						
Stickoxydulgas	3,75						
Kohlensaures Gas	5,26	2	1,7	0,82	1	0,6	0,43
Oelerzeugendes Gas	3,7	1,5	1,7	0,82	0,8	0,6	—
Kohlenoxydgas	1,17	0,55	0,58	0,78	—	—	—
Sauerstoffgas	1,49	0,7	0,47	0,68	0,6	0,45	0,58
Stickgas	1,6	0,7	0,47	0,68	0,6	0,45	0,53
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas	0,85	0,55	0,41	0,68	—	—	—
Wasserstoffgas	0,44	0,48	0,31	0,68	0,4	0,37	0,50

Digitized by Google

	Bergmilch	Haselholz	Maulbeerholz	Tannenholz	Leinfaden	Wolle.	Seide
Ammoniakgas . .	—	100	88	—	68	—	78
Kohlensaures Gas .	0,87	1,1	0,46	1,1	0,62	1,7	1,1
Oelerzeugendes Gas . . .	—	0,71	—	—	0,48	0,57	0,5
Kohlenoxydgas . .	—	0,58	—	—	0,35	0,3	0,3
Sauerstoffgas . .	0,67	0,47	0,34	0,5	0,35	0,43	0,44
Stickgas . . .	0,80	0,21	0,18	0,21	0,33	0,24	0,125
Oxydirtes Kohlenwasserstoffgas .	—	0,58	—	—	0,35	—	—
Wasserstoffgas . .	0,80	0,58	0,46	0,75	0,35	0,3	0,3

Demnach verdichten Meerschaum, Klebschiefer, Asbest, Hydrophan, Quarz und Gyps mehr Stickgas als Wasserstoffgas; sämmtliche organische Stoffe dagegen mehr Wasserstoffgas als Stickgas.

Hinsichtlich des Luftdrucks zeigt sich nach Saussüre beim Meerschaum dasselbe, wie bei der Kohle, denn 13,87 Würfel-Centimeter Meerschaum absorbiren vom kohlensauren Gase bei 0,723 Meter äufsern Druck 42,5 und bei 0,238 Meter äufserem Drucke 50,5 Würfelcentimeter.

Eben so zeigen diese Körper gegen Gasgemenge ein ähnliches Verhalten, wie die Kohle. Ein Mafs luftleerer Meerschaum in 2,5 Mafs eines Gemenges von gleichviel Wasserstoffgas und Sauerstoffgas gebracht, nimmt 0,57 M. Sauerstoffgas und 0,44 M. Wasserstoffgas auf, also weit mehr Wasserstoffgas (aber weniger Sauerstoffgas) als zu erwarten war. Aus demselben Gasgemenge nimmt 1 Mafs Klebschiefer 0,35 M. Sauerstoffgas und ebensoviel Wasserstoffgas auf, also auch wieder mehr von letzterem, als zu erwarten stand. Aus 2,5 eines Gemenges von gleichen Mafsen Wasserstoffgas und Stickgas nimmt 1 Mafs luftleerer Meerschaum 0,42 M. Wasserstoffgas und 0,61 M. Stickgas auf. Mit Luft zusammengebracht verschluckt er das Stickgas und Sauerstoffgas ungefähr im atmosphärischen Verhältnisse; wenigstens läfst sich bei der Kleinheit der Absorption und fast gleicher Absorptionsgröfse beider Gase kein Unter-

Digitized by Google

schied wahrnehmen. Ein Mafs luftleeres Tannenholz verschluckt von einem Gemenge von 2 Mafsen Stickgas und ebensoviel Wasserstoffgas 0,11 M. des ersten und 0,34 M. des letztern; es wirkt also auf ein solches Gemenge der Kohle und dem Meerschaum entgegengesetzt.

Wenig Wasser erhöht nach Saussüre oft die absorbirende Wirkung dieser Körper, eine gröfsere Menge desselben schwächt sie zum Theil. Während geglühter Meerschaum nur 15 Mafs Ammoniakgas verschluckt, so verschluckt nicht geglühter gut getrockneter (welcher noch viel chemisch gebundenes Wasser enthält) 150 Mafs. Ein Stück Meerschaum, welches vor dem Glühen 3 Mafs kohlensaures Gas verschluckt, absorbirt nach dem Glühen 2,5 M. desselben. Geglühter Meerschaum verschluckt weniger kohlensaures Gas, als wenn man ihn nach dem Glühen mit sehr wenig Wasser befeuchtet. Bei einer gröfseren Menge von Wasser dagegen absorbirt der geglühte Meerschaum wieder weniger als im trockenen Zustande. Auch geht die Verdichtung des kohlensauren Gases durch feuchten Meerschaum viel langsamer vor sich, als durch trocknen. Dieser beendigt seine Apsorption der verschiedenen Gase nach Saussüre in 5 bis 6 Stunden.

Aus dem Meerschaum und ohne Zweifel auch aus den übrigen Materien lassen sich die verschluckten Gase durch die blofse Luftpumpe wieder austreiben[1].

---

1 *A. v. Humboldt* (Scherer Journal I. 699. u. III. 217. G. I. 501. u. 509.) glaubte gefunden zu haben, dafs nicht nur Dammerde und aus beträchtlichen Tiefen und Salzbergwerken erhaltener Thon, sondern sogar reines Alaunerdehydrat, Kalk und Baryt, (nicht aber Bitter- und Kieselerde) im feuchten (nicht im trockenen) Zustande aus der Luft das Sauerstoffgas aufnehmen und reines Stickgas zurücklassen. Van Mons fand (Scherer Journal III. 245 und 731.) diese Versuche bei allen bekannten Erden bestätigt. Lampadius (in seiner Sammlung practisch chemischer Abhandlungen. Dresden III. 210. auch in Scherer Journal V. 323.) glaubt zu finden, dafs das aus Alaun durch Ammoniak gefällte Alaunerdehydrat und die frisch gegrabene Porcellanerde von Aue sehr viel Sauerstoffgas verschlucken (1 Unze der letztern in 11 Wochen 68 Würfelzoll) und dadurch ihre Löslichkeit in Schwefelsäure verlieren (?); auch dafs frischgefällte Kieselerde und geglühte Bittererde Sauerstoffgas verschlukken. Iedoch schon Emmert (Scherer Journal V. 786.) erhielt mit Kalk,

Digitized by Google

b. Absorption der Dämpfe durch nicht kohlige Körper.

Wenn starre Körper nach obigem fähig sind, Gase zu verdichten, so dürfen wir erwarten, dafs sie diese Wirkung noch in höherem Grade auf die Dämpfe ausüben, da diese viel geneigter sind, ihren elastisch flüssigen Zustand einzubüfsen; und so verhält es sich wirklich.

Jeder starre Körper scheint aus der atmosphärischen Luft etwas Wasserdampf anzuziehen, und sich mit einer unbemerklichen Lage von Wasser zu bedecken, selbst wenn die Luft nicht mit Wasserdampf überladen ist. Die Menge des absorbirten Wassers ist verschieden, je nach dem Zustande und der Natur der starren Körper, und je nach der Sättigung der Luft mit Dampf. Je gröfser die Oberfläche eines und desselben Körpers ist, desto mehr absorbirt er

---

Alaunerde und vielen andern Körpern nur schwache Absorptionen. V. Saussüre (G. I. 505.) fand, dafs 4 Unzen Alaunerdehydrat durch Ammoniak aus Alaunauflösung gefällt und mit Wasser befeuchtet, in 4 Monaten aus der Luft nichts absorbiren, aufser, wenn kochendes Wasser genommen wird, welches sich mit Luft sättigt; eben so verhielt sich kohlensaurer Kalk und Kieselerde. Auch erklärte Bertholler (G. VII. 85.) dafs die Humboldtschen Versuche weder ihm, noch Champy, noch Chaptol noch Fabroni gelungen seyen, und so überzeugte sich auch Böckmann (G. VII. 215.) dafs gewöhnliche Thonarten, wie sie gegraben werden, feucht mit Luft zusammengebracht, entweder gar kein Sauerstoffgas verschlucken oder höchst wenig. Somit scheint die Sache als grundlos abgethan. Neuerdings behauptet Ruhland (Schweig. XVIII. 30.) das Pulver von Kochsalz, Glaubersalz, Thon, Eisenoxyd, Alaunerde, Kalk, Bittererde, Kreide, Aetzkali (?), salzsauren Kalk (?), mehrere Monate lang der Luft ausgesetzt, dann in einer irdenen Retorte stark geglüht, entwickele gegen das Ende blos Stickgas; sammle man daher die zuletzt übergehende Luft auf, und befreie sie durch Kalkmilch von Kohlensäure, so zeige sie 84 bis 98 Procent Stickgasgehalt. Glas- und Porcellanretorten sollen dasselbe Resultat liefern. Da Ruhland jedoch gerade zu seinen genauern Versuchen irdene Retorten anwandte, und aus der erhaltenen Luft kohlensaures Gas zu scheiden hatte, so hat er offenbar die durch die Poren der Retorte aus dem Ofen durchgedrungene Luft untersucht. Die genannten Körper sollen dann beim Erkalten der Retorte auch noch Sauerstoffgas aufnehmen, so dafs die hineingelassene Luft verschlechtert wird, allein auch diese Behauptung bedarf einer strengen Prüfung.

Digitized by Google

Feuchtigkeit, und jedes Pulver, jeder poröse Körper, wie Holz, Erden u. s. w. zieht besonders viel an. Wie begierig das Pulver von Trappporphyr und Hafergrütze den Wasserdampf absorbirt, zeigt der Versuch von Leslie[1], welcher Wasser damit zum Gefrieren brachte, wenn er dieselben stark getrocknet unter eine Glocke setzte, welche eine Schale voll Wasser enthielt, und die Glocke luftleer pumpte. Ohne Zweifel beruht auch vorzüglich auf dieser Anziehung der Wasserdämpfe die heilsame Wirkung von warmer Kleie oder Bohnenmehl bei wässrigen Geschwülsten. So nehmen nach Rumford[2] 100 Gewichtstheile getrocknetes Holz im Sommer 10, im Winter 24 Theile Wasser aus der Luft auf. Eben so bekannt ist es, dafs gepulverte sternige und andere Mineralien Kupferoxyd u. s. w. bey kurzem Verweilen an der Luft mehrere Procent Wasser anziehen können. Ohne Zweifel ist die Absorption sehr verschieden, je nach der Natur des starren Körpers; doch sind hierüber keine Versuche angestellt. Diejenigen Körper, die vorzüglich viel Wasser auf eine solche mehr mechanische Weise aus der Luft anziehen, werden *hygroskopische* genannt, obgleich diese Benennung im höhern oder niedern Grade allen starren Körpern gebührt. Endlich ist leicht einzusehen, dafs ein und derselbe Körper um so mehr Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen wird, jemehr diese bei einer gegebenen Temperatur mit Wasserdampf gesättigt ist, und da sich die verschiedene Menge von Feuchtigkeit, welche vom starren Körper aufgenommen ist, durch das Gewicht, und zum Theil auch durch verschiedene starke Formänderung erkennen läfst, so lassen sich solche Körper zu relativen Feuchtigkeitsmessern oder Hygrometern anwenden.

Körper, welche sich an der Luft mit Wasser beladen haben, verlieren dasselbe beim Erwärmen; beim Siedpunkt des Wassers möchte nur eine Spur hygroskopischen Wassers zurückbleiben, in der Glühhitze wohl gar keines. Auch das Exantliren entfernt das hygroskopische Wasser aus den Körpern, besonders wenn man die Temperatur des zu trock-

1. Schweigger Journal XX. 467.
2. Schweigger Journal VIII. 160.

Digitized by Google

nenden Körpers auf 100 ° C. erhöht und in die Glocke eine Schale mit Vitriolöl stellt, welches den erzeugten Wasserdampf (der dem Verdampfen des übrigen Wassers entgegenwirkt) immer wieder verschluckt.

Ganz ähnliche Verhältnisse, wie gegen den Wasserdampf, zeigen die nicht kohligen starren Körper gegen alle übrige Dämpfe, nur dafs diese Verhältnisse noch viel weniger untersucht sind. Aetherdampf wird nach Saussüre reichlich vom Meerschaume, geglühten Holzasbest u. s. w. aufgenommen. Geruchlose oder anders riechende Körper in eine Luft gebracht, in welcher sich ein riechender Dampf befindet, werden bald mit dem Geruche des Dampfes durchdrungen und behalten ihn längere Zeit; z. B. englische Bücher, Gegenstände in Apotheken u. s. w. Sie halten die riechenden Materien mit einer gewissen Kraft fest, und lassen sie nur langsam verdampfen, wenn sie mit einer Luft in Berührung kommen, welche nichts von solchen Dämpfen enthält, oder wenn man sie erhitzt, oder wenn man sie mit Wasser oder Wasserdampf haltender Luft zusammenbringt; vielleicht weil das Wasser eine gröfsere Anziehung zu den starren Körpern hat, und die riechende Materie dampfförmig austritt, vielleicht auch, wie dies Buchner vermuthet, weil die riechende Materie blofs in Gesellschaft des Wassers verdampft. Buchner[1] fand, dafs Papier, mit einem flüchtigen Oele oder mit Köllnisch-Wasser befeuchtet, desgleichen die Blumen von Rosen, Holunder und verbascum nach scharfem Trocknen nicht mehr riechen, aber ihren Geruch wieder erhalten, wenn man sie der (wasserhaltigen) Luft aussetzt, oder schneller noch, wenn man sie befeuchtet. Es erklärt sich hieraus eine Erfahrung Engelhard's[2], nach welcher 12¾ Pfund Anissamen, welcher 20 Jahr lang der Luft ausgesetzt gewesen war, und selbst beim Zerquetschen sehr schwach roch, bei der Destillation doch noch 3⅜ Unzen flüchtiges Oel lieferte. Auch Saussüre vermuthete schon, dafs die Gerüche, z. B. der Blumen, auf Austreibung der riechenden Dämpfe durch die Feuchtigkeit der Luft beruhen möchten.

1 In seinem Repertorium für Pharmac. XV. 57.
2 Brandes Archiv für Pharmac. III. 104.

Digitized by Google

Theorie der Absorption elastischer Flüssigkeiten durch starre Körper.

Aeltere Ansichten, besonders der Absorption der Gasarten durch Kohle betreffend, sind folgende:

Nach Morozzo verschlucken blofs solche Körper die Gase, welche viel Phlogiston enthalten, wie Holzkohle und Steinkohle; er nimmt an, die Fähigkeit der Kohlen, die Gase zu verschlucken, stehe im Verhältnifs mit ihrem Gehalt an Phlogiston, und solche Gase würden am reichlichsten verschluckt, welche nicht phlogistisirt sind. Annahmen, welche mit der Erfahrung nicht übereinstimmen.

Delametherie nahm in den Kohlen ein Princip an, welches sich mit den Gasarten chemisch verbinde, und sie in Stickgas verwandle, sofern er fand, dafs die Gasarten, hinterher durch Wasser aus der Kohle ausgetrieben, mit Stickgas verunreinigt waren. Vielleicht hielten seine Gasarten Luft, und also Stickgas beigemengt; vielleicht hatte die Kohle Stickgas aus der Luft in dem Augenblicke aufgenommen, wo sie in das Quecksilber getaucht und dadurch abgekühlt wurde.

Sämmtliche Absorptionen der elastischen Flüssigkeiten durch Kohle und andere starre Körper sind entweder mechanischer Natur, durch Adhäsion bewirkt, oder chemischer Natur, durch Affinität bewirkt, oder beides zugleich.

Für die Annahme, dafs diese Absorptionen auf blofser Adhäsion beruhen, sprechen folgende Gründe:

1. die gepulverte Kohle verschluckt weniger Gas, als die ganze. Dieses entspricht den Gesetzen der Haarröhrchen-Anziehung, nicht aber denen der Affinität, da mit Vergröfserung der Oberfläche die Wirkung verstärkt oder wenigstens beschleunigt und nicht geschwächt werden müfste.
2. Es scheint, dafs alle starre Körper fähig sind, alle elastische Flüssigkeiten mehr oder weniger zu verdichten, und es zeigen sich viele Absorptionen von Gasarten durch solche starre Körper, bey denen man der Analogie nach keine Affinität zu den Gasarten anzunehmen hat. Dieses entspricht den Wirkungen der Adhäsion, welche

Digitized by Google

unter *allen* wägbaren Stoffen statt zu finden scheint, während die Affinität sich nur zwischen gewissen Stoffen äussert, zwischen andern aber nicht.

3. Mit der Aufnahme der elastischen Flüssigkeiten durch starre Körper, ist keine merkliche Veränderung der letztern gegeben, wie dieses doch bei chemischen Verbindungen der Fall ist. Allerdings ist hiegegen zu bemerken, dafs die mit Sauerstoffgas und mit Wasserstoffgas gesättigten Kohlen eigenthümliche galvanische Verhältnisse zeigen und dafs übrigens bei der höchst geringen Menge der aufgenommenen elastischen Flüssigkeit die vielleicht statt findende Veränderung nicht immer bemerkbar zu seyn braucht. Aufserdem gilt hier auch vieles von dem, was Dalton bei der Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch tropfbare flüssige Körper zu Gunsten seiner mechanischen Ansicht angeführt hat.

Dafs diese Absorption durch starre Körper Wirkung der Affinität sey, hierfür spricht anderseits folgendes:

1. Es zeigt sich ein auffallender Unterschied in der Absorptionsgröfse, je nach der chemischen Natur der starren Körper und der elastischen Flüssigkeiten. Die Kohle verschluckt nur 1,75 M. Wasserstoffgas und 35 M. kohlensaures und 90 M. Ammoniakgas. Der Meerschaum nimmt blofs 5, 3, und der Hydrophan blofs 1 M. kohlensaures Gas auf. Es ist natürlicher diese grofsen Verschiedenheiten in der Absorption von einer verschieden grofsen Affinität abzuleiten, als von einer verschieden grofsen Adhäsion, da sich sonst wenigstens keine so grofse Unterschiede in den Wirkungen der Letztern zeigen.
2. Besonders schwer ist es einzusehen, dafs durch die blofse Adhäsion der Kohle zu den Gasen diese eine so starke Verdichtung erleiden sollen, so dafs z. B. 90 Mafs Ammoniakgas in den Poren von 1 M. Kohle Platz finden.
3. Man könnte auch die beträchtliche Wärmeentwickelung, welche bei der Absorption der Gase durch Kohle bemerkt wird, als ein Zeichen der chemischen Verbindung ansehn; seit jedoch durch Pouillet gezeigt worden ist, dafs auch das Benetzen eines starren Körpers mit einer Flüssigkeit mit einer geringen Temperaturerhöhung ver-

Digitized by Google

bunden ist, so fällt diese Stütze der chemischen Ansicht hinweg.

4. Da die Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch tropfbare höchst wahrscheinlich chemisch ist, so sollte man der Analogie gemäfs auch die durch starre Körper für chemisch erklären, um so mehr, als die meisten Erscheinungen bei der einen Art von Absorption denen bei der andern ähnlich sind. Andrerseits finden sich aber auch einige Unterschiede, z. B. dafs bei den starren Körpern die Absorption nach Mafsen bei verschiedenem Luftdrucke verschieden ist; dafs sie sich gegen Gasgemenge nicht der Daltonschen Formel gemäfs verhalten; dafs immer eine vergröfserte Oberfläche nicht blofs zur Schnelligkeit, sondern auch zur Reichlichkeit der Absorption erforderlich ist, u. s. w.
5. Eben so spricht für die chemische Ansicht die Analogie zwischen der Gas- und Dampf-verschluckenden Wirkung der Kohle, und ihrem Vermögen aus tropfbaren Flüssigkeiten riechende, schmeckende und färbende Stoffe aufzunehmen, welches letztere nothwendig als etwas chemisches zu betrachten ist.

Nach allen diesen Betrachtungen mufs man eingestehen, dafs diese Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch starre Körper zu denjenigen Erscheinungen gehört, welche auf der Grenze stehen zwischen den Wirkungen der Adhaesion und der Affinität, dafs uns vorzüglich die verschiedene Absorptionsgröfse, je nachdem die Kohle ganz oder gepulvert ist, zur mechanischen Ansicht, die sehr reichliche Absorption mancher Gasarten durch Kohle und die Analogie mit der Absorption durch tropfbare Flüssigkeiten zur chemischen Ansicht ziehen müsse. Nehmen wir deshalb, bis weitere Thatsachen eine genügendere Erklärung zulassen, entweder an, es wirke Adhäsion und Affinität zugleich, und zwar letztere vorzüglich da, wo mehrere Mafse elastische Flüssigkeit von einem Mafs des festen Körpers verschluckt werden, während vielleicht die geringeren Absorptionen des Wasserdampfes und einiger Gasarten durch steinartige Körper als rein mechanisch anzusehen sind; oder nehmen wir an, die Kraft, welche diese Absorption bewirkt, sey

Digitized by Google

ein Mittelding von Adhäsion und von Affinität. Dieser letztere Fall setzt die Annahme voraus, der Adhäsion und Affinität liege dieselbe Kraft zum Grunde, welche den ersten Namen erhält, wenn ihrem Bestreben zur innigen Vereinigung zweier heterogenen Körper andere Kräfte siegreich entgegenwirken, wo blofs eine oberflächliche Verbindung eintritt, den letzten Namen, wenn die innige Vereinigung erfolgt. Zwischen dieser innigen Vereinigung und zwischen dem oberflächlichen Anhängen könnte bei einem gewissen Verhältnifs der anziehenden Kraft zu den entgegenwirkenden Kräften ein drittes liegen, wie es sich etwa bei diesen Absorptionserscheinungen ergiebt[1]. *G.*

Abstand vom Scheitel.

Zenithdistanz, Abstand vom Zenith; *Distantia a vertice*; distance au Zenith; *Zenith - Distance.* Die Zenithdistanz eines Punctes am Himmel ist der zwischen ihm und dem Scheitelpuncte enthaltene Bogen eines Verticalkreises oder Scheitelkreises. Der Abstand vom Zenith ergänzt die Höhe über dem Horizonte zu 90 Graden. Wenn sich der Beobachter auf der nördlichen

---

1 Vergl. *Anziehung.*

Abhandlungen über die Absorption der elastischen Flüssigkeiten durch starre Körper.

Felice Fontana in Memorie di matematica e fisica della società italiana I. 679. auch in seinen opusc. scientif.

Carl Ludwig, Graf von Morozzo in Journal de physique XXII. 294. und XXIII. 362., auch in Lichtenbergs Magazin Bd. 2 Stück 2 S. 7. und Stück 3 S. 72. Derselbe im Journal de physique LVII. 465. auch in Gehlens Neuem Journal III. 670, auch in Gilb. Ann. XVII. 239. Derselbe in Journal de physique LVIII. 374. auch in Gehlens Neuem Journal III. 676. Derselbe in Memorie di matematica e fisica della società italiana, XI. 331. auch in Gehlens Journal für Chemie und Physik II. 159.

Delametherie in Journal de physique XXX. 309.

Rouppe und von Noorden in Scherers Journal III. 300.

van Mons, ebendaselbst IV. 123.

Parrot und Grindel ebendas. IV. 437. VII. 3.

Brugnatelli in Gehlens Journal für Chemie und Physik II. 553.

F. C. Vogel in Schweigger Journal IV. 42.

Theodor von Saussüre, in Biblioth. Brit. auch in Gilb. Ann. XLVII. 113.

Döbereiner in Schweigger Journal X. 272.

Digitized by Google

Halbkugel der Erde befindet, so ist für ein im Meridian stehendes, Gestirn der Abstand vom Zenith gleich der Polhöhe weniger der nördlichen Abweichung; oder gleich der Polhöhe addirt zu der südlichen Abweichung, wenn das Gestirn südlich vom Zenith durch den Meridian geht. Für Sterne die zwischen dem Zenith und dem Pole durch den nördlichen Meridian gehen, ist der Zenith-Abstand gleich der nördlichen Abweichung weniger der Polhöhe (weil Polhöhe und Abstand des Aequators vom Zenith einerlei ist.). Für Sterne die unter dem Pole im nördlichen Theile des Meridians stehen, ist der Zenith-Abstand gleich 90° weniger der um die Aequatorshöhe verminderten Abweichung.

Für die Bewohner der südlichen Halbkugel läfst sich hieraus die Bestimmung leicht herleiten.

Wenn man für irgend einen nicht im Meridian liegenden Punct des Himmels die Zenithdistanz finden will, so ist, wenn die Polhöhe $= \varphi$, die nördliche Abweichung des Punctes $= +\delta$, seine gerade Aufsteigung $= a$, und die gerade Aufsteigung der Mitte des Himmels $=$ S heifst, Cosin. der Zenithdistanz $=$

Sin. φ. Sin. δ + Cos. φ. Cos. δ. Cos. $(S - \alpha)$ indem in dem Dreieck ZPS die zwei Seiten $ZP = 90° - \varphi$, $PS = 90° - \delta$, nebst dem eingeschlossenen Winkel $ZPS = 180° - (S - \alpha)$ gegeben sind, also ZS als dritte Seite des sphärischen Dreiecks gefunden wird. Z ist hier das Zenith, P der Pol des Aequators, S das Gestirn. Für südliche Gestirne wird δ negativ, weil wir den Beobachter auf der nördlichen Halbkugel annehmen. Der so gefundene Abstand von Zenith mufs wegen der Strahlenbrechung, corrigirt werden; — beim Monde und allen nicht zu weit entfernten Gestirnen kömmt hierzu noch die Correction wegen der Parallaxe. Setzt man die Strahlenbrechung bei Seite, so geht der Stern auf oder unter, wenn sein Abstand vom Zenith 90 Grade beträgt, also wenn Cos. der Zenithdistanz $= 0$, das ist — Cos. $(S - \alpha) =$ Tang. φ. Tang. δ ist. Will man aber die Strahlenbrechung, die ich als bekannt und im Horizonte $=$ u annehme, berücksichtigen, so mufs man für den scheinbaren Untergang die Zenithdistanz $= 90° + u$ setzen, weil wir den Stern erst im Horizonte sehen, wenn

Fig. 12.

er eigentlich schon in der Tiefe = u unter dem Horizonte erscheinen sollte. Dann also ist, da Cos. $(90° + u) =$ — Sin. u ist,

Sin. $u = -$ Sin. φ Sin. $\delta -$ Cos. φ Cos. δ Cos. $(S - \alpha)$

woraus Cos. $(S - \alpha)$ gefunden wird.

Will man die Aenderung der Zenithdistanz eines gegebnen Sternes während einer sehr kurzen Zeit wissen, so kann man sich dazu der Differentialformel bedienen, und weil das Gestirn selbst in den meisten Fällen als seine gerade Aufsteigung und Abweichung nicht ändernd angesehen werden kann, die Aenderung der Zenithdistanz

$$= \frac{dS.\ \text{Cos.}\varphi.\ \text{Cos.}\delta.\ \text{Sin.}\ (S - \alpha)}{\text{Sin. Zenithdistanz}}$$

setzen[1]. Für die Sonne und in noch etwas stärkerem Mafse für den Mond kommen noch die durch die Aenderung von α und δ hervorgehende Glieder hinzu, die jedoch immer nur geringe in Vergleichung gegen jenes Glied sind.

Wenn man die Formel blofs auf Fixsterne bezieht oder die Aenderung von α, δ, als = 0 ansieht, so ist die Aenderung des Abstandes vom Zenith gleich Null, erstlich wenn $\varphi = 90°$ ist, unter dem Pole, wo die Gestirne mit dem Horizonte parallel gehn, zweitens wenn $\delta = 90°$ ist, für den wahren Pol des Himmels, drittens wenn $S - \alpha = 0$ ist, oder der Stern sich im Meridian selbst befindet.

Fig. 12. Die Aenderung der Zenithdistanz wird am stärksten, wenn der Winkel ZSP am gröfsesten wird, oder eigentlich wenn sein Sinus am gröfsestem wird, und da man zu Zeitbestimmungen am liebsten diejenigen Stellungen des Gestirnes wählt, wo die Aenderung des Abstandes vom Zenith am schnellsten ist, so wird man jenen Zeitpunct nehmen müssen. Nun ist aber auch Sin. PSZ $= \frac{\text{Sin. ZP}}{\text{Sin. SP}}$ Sin. PZS,

$$= \frac{\text{Cos.}\varphi.}{\text{Cos.}\delta.} \text{Sin. PZS}$$

und folglich ist der beste Zeitpunct der, wo Sin. PZS am gröfsten oder PZS möglichst nahe an 90 Graden ist. Bei

---

1 Für längere Zwischenzeiten giebt Littrow eine Formel in von Zach correspondance astronomique Vol. VI. pag. 425. (wo man jedoch 9 statt q lesen mufs und im letzten Gliede 105. m ^{s} Θ ^{4}).

Digitized by Google

Sternen, die südlich vom Scheitel vorbeigehen, ist also der beste Zeitpunct der, wann ihr Azimuth 90 Grade ist; bei denen, die nördlich vom Zenith vorbeigehen, ist die Aenderung da am schnellsten, wo der Parallelkreis, den sie durchlaufen, vom Scheitelkreise berührt wird. *B.*

Abstand der Nachtgleiche vom Mittage.

Distantia aequinoctii a sole; distance de l'équinoxe au méridien; ist der in Graden oder in Stunden ausgedrückte Bogen des Aequators, um welchen im Augenblick des wahren Mittages der Frühlings-Nachtgleichenpunct ostwärts vom Meridian entfernt ist. Dieser Abstand ist also = 360° — gerade Aufsteigung der Sonne, wenn man ihn in Graden ausdrückt, und es ist leicht, ihn in Stunden auszudrücken, da in 1 Stunde 15 Grade durch den Meridian gehen. Dieser Ausdruck in Stunden giebt an, wie lange nach der Sonne der Frühlings-Nachtgleichenpunct oder der Nullpunct des Widders [0 ° ♈] zum Meridian gelangt.

In Bode's astronom. Jahrbuche findet man diesen Abstand unter dem Titel: Oestlicher Abstand 0 ♈ von der Sonne. Da er dort für Berlin angegeben ist, so mufs man an jedem andern Orte die dort angegebene Zahl um so viel ändern, als es dem Mittags-Unterschiede zwischen Berlin und diesem Orte in Vergleichung gegen die Aenderung in einem ganzen Tage gemäfs ist.

Man gebraucht diesen Abstand, um die Zeit der Culmination eines Sternes zu bestimmen, dessen gerade Aufsteigung bekannt ist; man addirt nämlich die gerade Aufsteigung des Sternes zu diesem Abstande und verwandelt die Summe in Zeit, um zu wissen, wie lange nach der Sonne der Stern in den Meridian gelangt. *B.*

Absteigung, gerade.

Descensio recta; Descension droite; *Right Descension;* ist mit der *geraden Aufsteigung* ganz einerlei. Eines Sternes gerade Absteigung ist nämlich der Bogen des Aequators, welcher zwischen dem Frühlings-Nachtgleichenpuncte und dem Abweichungskreise, der durch jenen Stern geht, enthalten ist. Unter dem Aequator, wo die Sterne

Digitized by Google

gerade hinabsteigen, oder wo der von ihnen durchlaufene Bogen den Horizont senkrecht schneidet, geht dieser Punct mit ihnen zugleich unter, daher das griechische Wort: *Συγκαταδύσις* (gleichzeitiger Untergang) noch bezeichnender als Descensio oder Absteigung ist.

Absteigung schiefe; *Descensio obliqua;* Descension oblique; ist der Bogen des Aequators, welcher zwischen dem Frühlings-Nachtgleichenpuncte, von wo an man die Grade des Aequators zählt, und dem mit einem Gestirne zugleich untergehenden Puncte des Aequators liegt.

Descensionaldifferenz ist der Unterschied zwischen der geraden und schiefen Absteigung eines Sternes, so dafs:
schiefe Absteigung = gerade Abst. + Descens. Diff. ist. Hierbei wird die Descensionaldifferenz auf der nördlichen Halbkugel als positiv für nördliche und als negativ für südliche Sterne angesehen. Sie wird ebenso berechnet, wie die *Ascensionaldifferenz* (s. Ascensionaldiff.) und ist dieser gleich, wenn das Gestirn, während es über dem Horizonte ist, seine Stellung unter den Sternen nicht ändert. *B.*

Abstofsung.

Zurückstofsung; Repulsion; *Repulsio;* Repulsion; *Repulsion or repelling Power.* Es giebt eine Menge Erscheinungen in der Natur, worin die Körper gleichsam von einander abgestofsen, zurückgestofsen werden, sich fliehen. Dahin gehört vorzüglich das Verhalten gleichnamig elektrisirter Körper und der gleichen Pole der Magnete, die Ausscheidung verschiedener Stoffe durch chemische Processe und durch den Organismus lebender Wesen, und das anscheinende Trennen solcher Substanzen, welche sich nicht mischen lassen, als Fett und Wasser, oder sich nicht benetzen, als Quecksilber und Glas u. dgl. m. Vorzüglich hat man die Erscheinungen der Elasticität und noch mehr der Expansion, so wie endlich der Ausdehnung durch Wärme als sichere Aeufserungen einer *zurückstofsenden Kraft* ansehen wollen. Indem nun ferner die Phänomene der Schwere, Gravitation, Cohäsion, Adhäsion und chemischen Verwandtschaft sehr deutlich auf ein Bestreben der Materie nach gegenseitiger Verbindung oder auf *Attraction* führen,

Digitized by Google

und man diese sämmtlich nicht ohne Grund aus einer einzigen allgemeinen Kraft, der Anziehung[1], zu erklären versucht hat; so mufste dieses und die Beobachtung entgegengesetzter Phänomene geneigt machen, eine dieser entgegenwirkende Kraft der *Abstofsung* anzunehmen. So führte das Bestreben, die Erscheinungen der Elasticität und hauptsächlich der Expansion zu erklären schon seit den Zeiten des Cartesius[2] auf die Annahme einer zurückstofsenden Kraft. Newton[3] insbesondere nahm eine solche an und leitete daraus das Gesetz des Widerstandes der Luft gegen die zusammendrükkende Kraft ab, mit der vorsichtigen Verwahrung, dafs aus seiner geometrischen Demonstration die wirkliche Existenz einer solchen Kraft nicht gefolgert werden möge[4]. Vermittelst einer blofs geometrischen Demonstration dürfte man allerdings argumentiren, dafs die *Attraction*, falls sie bei den verschiedenen Stoffen verschieden ist, (worauf die chemische Affinität führen könnte) in ihrer ungleichen Stärke stets abnehmend gedacht, endlich = 0 werden oder verschwinden müfste, und nach dem Gesetze der Stetigkeit dann auch zum Negativen übergehen, mithin in *Abstofsung* verwandelt werden könnte[5]. Allein man mufs hierbei berücksichtigen, dafs eine einmal gegebene Kraft der Materie, wenn sie allgemein ist, ihrem Wesen nach niemals aufhören kann zu seyn und zu wirken, gesetzt auch dafs eine ungleiche Stärke derselben bei verschiedenen Stoffen durch die Erfahrung erwiesen wäre.

Eine wiederholt aufgestellte Hypothese, wonach eine Menge Phänomene aus einer Attraction erklärlich seyn sollen, welche in verschiedenen Entfernungen in Abstofsung und wieder in Anziehung übergeht, mithin bald positiv, bald negativ wird, darf hier nicht mit Stillschweigen übergangen

---

1 S. *Anziehung*.

2 S. *Elasticität*.

3 Princ. II. prop. 23.

4 Ebend. An vero fluida elastica ex particulis se mutuo fugantibus constent, quaestio physica est. Nos proprietatem fluidorum ex eiusmodi particulis constantium mathematice demonstravimus, ut philosophis ansam praebeamus, quaestionem illam tractandi.

5 Newton Opt. qu. XXXI. p. 321 ed. Cl.

Digitized by Google

werden. Dr. J. Keil[1] stellte nebst Friend diese Theorie auf, und suchte sie durch zahlreiche Anwendungen auf die Naturerscheinungen zu unterstützen. Später suchte Dr. Godwin Knight[2] die ganze Dynamik auf den Conflict zweier Kräfte, der *Attraction* und *Repulsion* zurückzuführen, und noch neuerdings zeigt Robison,[3] dafs eine bedeutende Kraft erfordert wird, um Glasplatten einander genügend zu nähern, wenn man die Newtonschen Farbenringe hervorbringen will, obgleich sie nach Huygens Versuche auch aneinander hängen, woraus folgt, dafs sich die Erscheinungen der Anziehung und Abstofsung innerhalb der Entfernungen von $\frac{1}{2400}$ und $\frac{1}{89000}$ eines englischen Zolles zeigen.[4] Auch Robison ist daher geneigt, eine abstofsende Kraft neben einer anziehenden anzunehmen. Thomas Young[5] erklärt sich nach Newton für die Existenz einer abstofsenden Kraft, wodurch die Körper von einander gehalten würden, und setzt ihre Stärke dem einfachen Verhältnisse des Abstandes proportional. Flüssige Körper sind nach ihm solche, worin die anziehende und abstofsende Kraft im Gleichgewichte stehen, woraus sich dann die leichte Verschiebbarkeit ihrer Theile erklären lasse. Auch Poison[6] meint, die Elasticität lasse sich am leichtesten aus einer Repulsivkraft erklären, welche den Molecülen der Körper eigen sey, und sich blofs in unmefsbare Ferne äufsere.

Newton's erwähnte Beschränkung seiner aufgestellten Behauptung ist indefs blofs als eine Folge der bescheidenen Vorsicht dieses tiefen Forschers anzusehen, welcher in allen seinen Behauptungen nur ungern über die nächsten Folgerungen aus unmittelbaren Erfahrungen hinausging. Dafs er aber die Existenz einer zurückstofsenden Kraft wirklich angenommen habe, geht unverkennbar aus seiner Erklärung der Zurückwerfung des Lichtes von spiegelnden

1 Phil. Tr. N. 315.

2 Phil. Tr. 1748.

3 System of Mechanical Philosophy. With Notes by Dav. Brewster Edinb. 1822. IV. Vol. 4. I. 258.

4 Eine genauere Erörterung dieser Sache S. *Cohäsion*.

5 Phil. Trans. 1805. I. p. 82.

6 Mém. de l'Inst. 1812 p. 171.

Digitized by Google

Flächen vor der wirklichen Berührung derselben hervor, desgleichen aus seiner Behauptung, dafs die durch Aufbrausen und Sieden, oder auf sonstige Weise als expandirte Flüssigkeiten erzeugten Substanzen nur durch eine solche Kraft das Bestreben äufsern könnten, einen stets gröfseren Raum einzunehmen, nachdem sie sich von den sie bildenden Körpern entfernt hätten.[1] Wirklich äufserte er auch rücksichtlich der letzteren Erscheinungen, man könne sich vorstellen, dafs die zurückstofsenden Kräfte da anfangen müfsten, wo die anziehenden aufhören, so wie in der Algebra die positiven Gröfsen durch Null zu negativen übergingen.

Diese Vorstellungsart wurde späterhin ziemlich allgemein beibehalten,[2] wenigstens nicht wesentlich abgeändert, bis Immanuel Kant[3] auf dem Wege metaphysischer Speculation zu beweisen versuchte, die Materie könne nicht existiren und ihren Raum mit dem, gegen eindringende Körper geäufserten, Widerstande einnehmen, ohne eine zurückstofsende Kraft, und es sey daher absolut nothwendig, neben der, von ihm so benannten *Ziehkraft* (Anziehung) auch noch eine *Dehnkraft* (Abstofsung) als zwei, die Existenz der Materie nothwendig bedingende Grundkräfte anzunehmen, deren eine, die Anziehungskraft, durch den leeren Raum in die *Entfernung*, die andere, die Abstofsungskraft aber als Flächenkraft blofs in der *Berührung* wirke.[4] Die Anhänger des grofsen Philosophen, oder diejenigen, welche sich zu der nach ihm benannten *dynamischen Ansicht* der Naturlehre bekannten, führten seitdem die Erklärung der gesammten Naturphänomene auf den Conflict der beiden Kräfte zurück;[5] andere dagegen erhoben gegen die Annahme derselben überhaupt bedeutende Zweifel,[6] und im Auslande hielt man die ganze Frage nicht für wichtig genug, um sich

1 Optice ed. Clarke qu. XXIII. und XXXI.

2 Muschenbroek Int. II. §. 1202. sagt: Sed quid sit haec vis repellens, an electricitas, an alia ejus causa, non clare innotuit.

3 Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Riga 1787. 8.

4 a. a. O. p. 55.

5 Vorzüglich Hildebrandt Anfangsgründe d. dynam. Naturlehre. Erl. 1807. 2 Th. 8.

6 S. *Materie*.

Digitized by Google

in ernste Untersuchungen darüber einzulassen. Sehr vollständig aber, und mit einigen wichtigen Modificationen ist die kantische Dynamik neuerdings dargestellt durch Fries.[1] welcher in die Ferne wirkende abstofsende Kräfte annimmt, und zwar sowohl durchdringende, als auch Flächenkräfte, auf deren Conflicte mit den anziehenden der verschiedene Zustand der Körper als feste, tropfbar - elastisch - und strahlend - flüssige hervorgehen soll.[2]

Eine ausführliche Prüfung der Frage, ob es erforderlich sey, zur Erklärung gewisser Erscheinungen eine abstofsende Kraft anzunehmen, eine Würdigung der von Kant aufgestellten Argumente für die Annahme der beiden Grundkräfte nicht ausgeschlossen, hat J. T. Mayer[3] angestellt, deren Resultat verneinend ist. Seine Gründe sind weit mehr aus der Erfahrung hergenommen, und auf unleugbare Thatsachen gestützt, als diejenigen, wodurch Hennert[4] die Unmöglichkeit einer abstofsenden Kraft darzuthun sucht.

Wenn man von den Gründen gegen die Annahme der beiden kantischen Grundkräfte als die Existenz der Materie bedingend, abstrahirt, die Erklärung der elektrischen und magnetischen Repulsionen aus dem Wesen der Elektricität und des Magnetismus, ohne die Annahme einer allgemeinen abstofsenden Kraft, genügend darthut, den Mangel der Adhäsion einiger Körper an andern, und die chemische Ausscheidung gewisser Stoffe auf die überwiegende Anziehung der Bestandtheile dieser Substanzen unter einander im Verhältnifs der gegen andere Körper stattfindenden zurück führt,[5] welches alles an den gehörigen Orten untersucht wird; so fällt hiermit der gröfste Theil derjenigen Erscheinungen von selbst weg, deren Erklärung die Annahme einer zurückstofsenden Kraft zu fordern scheint. Indessen bleiben zwei Classen von Phänomenen übrig, welche nahe verwandt sind, und die Annahme einer abstofsenden Kraft weit

1 Die mathematische Naturphilosophie nach philosophischer Methode bearbeitet. Ein Versuch von J. F. Fries. Heidelb., 1822. 8. p. 540.

2 S. *Kraft*.

3 Gren. J. VII. 208.

4 Dissertations phys. et math. à Utrecht. 1778, p. 133—136.

5 Vergl. Carradori in Brugnatelli Giorn. VIII. 116.

Digitized by Google

mehr, wo nicht nothwendig zu fordern scheinen. Die erstere begreift das Verhalten der gesammten Körper rücksichtlich ihrer wechselnden Dichtigkeit, worauf unter andern namentlich auch Biot aufmerksam gemacht hat [1]. Kein Körper ist nämlich absolut dicht, indem die Verminderung der Wärme Zusammenziehung, mithin gröfsere Näherung der Bestandtheile hervorbringt. Der in allen Körpern stattfindende Abstand der Theile kann aber aus der Wirkung der Attraction allein nicht erklärt werden, indem hieraus vielmehr eine stets wachsende und zuletzt unendliche Dichtigkeit folgen würde, fordert vielmehr die Annahme einer entgegengesetzten, sie limitirenden, Kraft, welche dann keine andere, als eine abstofsende seyn könnte, und da diese Erscheinungen bei allen Körpern stattfinden, so müfste diese Kraft ebenfalls eine allgemeine seyn, wie die ihr entgegengesetzte Anziehung. Unter mehreren ist vorzüglich Biot geneigt, das Princip der *Wärme* (principe de la chaleur) als diese Kraft anzusehen, wodurch dasselbe aber, im Widerspruch mit verschiedenen Erscheinungen, aus der Reihe der materiellen Substanzen treten würde. Je nachdem aber die eine oder die andere dieser beiden Kräfte, nämlich Anziehung oder Wärme (als repulsives Princip gedacht) aus dem gewöhnlichen Zustande des Gleichgewichts heraustritt, indem sie durch äufsere Ursachen ein Uebergewicht erhält, soll dann nach ihm der Zustand der Körper wechseln, und Festigkeit, Flüssigkeit, Expansion, Elasticität, Härte, Krystallisation u. s. w. bedingt werden [2]; eine vorzüglich durch La Place aufgestellte und beharrlich vertheidigte Hypothese [3].

Mit dieser Ansicht am meisten übereinstimmend ist das Verhalten der Gasarten, welche sich mit Bindung von Wärme in einen gröfseren Raum ausdehnen und mit Ausscheidung derselben in einen geringeren zusammenpressen lassen. J. T. Mayer [4] hat auch diese Erscheinungen ohne die Annahme ei-

1 Traité de physique expérimentale et mathématique. Par. 1816. 4 Tom. 8. I. p. 5.

2 Biot a. a. O. Vorzügl. Libes in J. de Ph. XLIX. 413.

3 G. XXXIII.

4 a. a. O. bei Gren. VII. 216. 377.

Digitized by Google

ner zurückstofsenden Kraft zu erklären versucht, indem er, wie natürlich, davon abstrahirt, sowohl die Elemente der gasförmigen Körper für ursprünglich und ihrem Wesen nach abstofsend zu halten, weil sie unter Bedingungen fest werden, als auch anzunehmen, dafs dieselben aus kleinen elastischen Fäden beständen, wie etwa ein Schwamm, welcher sich gleichfalls durch Biegung seiner einzelnen Theilchen in einen engeren Raum zusammenpressen läfst, und bei nachlassendem Drucke den vorigen wieder einnimmt (jedoch nur bis zu einem gewissen Grade der Ausdehnung). Vielmehr sind nach ihm die Elementartheilchen der Gasarten als kleine Körperchen zu betrachten, welche, jedes von einer *Wärme-Atmosphäre* umgeben, diese durch Anziehung binden, und durch dieselbe von den andern Theilchen getrennt werden.[1] Mechanische Gewalt kann die Theilchen einander näher bringen, indem die Wärme gleichsam ausgepreſst und frei wird, und der Wiederstand gegen die zusammendrükkende Kraft wächst in dem Verhältnisse, als die näher liegenden, folglich stärker gegen die Elemente der Gasarten gravitirenden, Wärmetheile ausgetrieben werden, wie dann umgekehrt die Ausdehnung der Gasarten ein gröfseres Anhäufen der Wärme um die Elementartheilchen derselben nach sich ziehen mufs.

Man könnte auf den ersten Blick geneigt seyn, eine unerwartete Bestätigung dieser Hypothese in der später gemachten Entdeckung zu finden, dafs bei der Compression der Gasarten Wärme bis zur Entzündung frei wird. Allein die Sache ist dennoch so leicht nicht, als man hiernach glauben sollte, vielmehr liegt eine grofse, wo nicht unüberwindliche Schwierigkeit in der Bestimmung des eigentlichen Wesens der Wärme. Will man nämlich annehmen, dafs die Wärmetheilchen einen gewissen Raum zwischen den Atomen der Gasarten und übrigen Körper einnehmen, so würden sie sich im Verhältnifs der Compression der Gasarten näher kommen, und es müfste sonach die Elasticität derselben in gleichem Verhältnisse wachsen, abgesehen von der vermehr-

1 Diese Hypothese ist als die *Daltonsche* bekannt, weil sie später von Dalton wiederholt wurde. S. Ein neues System des chem. Theils d. Naturwissenschaft von J. Dalton. d. Ueb. Berl. 1812. I. 142.

Digitized by Google

ten Attraction der Atome der Gasarten durch gröfsere Näherung derselben, wonach also keine Wärme frei oder ausgeschieden werden könnte. Ist aber die Wärme selbst ein materielles Wesen, deren Theile einander gleichfalls durch mechanische Gewalt genähert werden könnten, so müfste dieser doch wieder eine ursprüngliche Repulsion eigen seyn, und dann wäre nicht abzusehen, warum man nicht lieber diese natürliche Abstofsungskraft directe den Bestandtheilchen aller Körper beilegen wollte, welche dann nur bei den expansibelen Flüssigkeiten gröfser anzunehmen wäre. Da es inzwischen ausgemachte Thatsache ist, dafs die Wärme alle Körper mit einer grofsen und mehr unendlichen Kraft ausdehnt,[1] und der Hypothese, aus dem Eindringen derselben in die Zwischenräume der verschiedenen Körper die Limitirung der allgemeinen Attraction zu erklären, aufser dem genannten Argumente kein gewichtiges entgegensteht; so beruhet die einzige grofse, und vielleicht für immer unüberwindliche Schwierigkeit einer consequenten Erklärung dieser Phänomene auf dem Mangel einer genaueren Kenntnifs des eigentlichen Wesens der Wärme. Leichter wird es indefs höchst wahrscheinlich immer seyn, die Wärme als das die Wirkungen der Attraction limitirende und bedingende Princip anzusehen, und die Wirksamkeit dieser letzteren auf die verschieden modificirte Anziehung derselben gegen die verschiedenen Körper zurückzuführen, insofern eine Menge unleugbare Thatsachen hierauf führen, als eine eigene und für sich wirksame *Abstofsungskraft* (Dehnkraft) anzunehmen, weil diese, und die ihr entgegengesetzte *Ziehkraft* sich gegenseitig aufheben, und sonach allezeit blofs die Differenz beider als wirksam zu betrachten wäre, wobei noch aufserdem wohl zu berücksichtigen ist, dafs bei der Annahme zweier solcher entgegengesetzter, die verschiedenen Körperphänomene bedingender, Kräfte noch ein drittes Etwas angenommen werden müfste, welches bewirkte, dafs die eine oder die andere ein Uebergewicht der Wirksamkeit erhielte, ohne welches die vorherrschende Thätigkeit sowohl der einen als auch der andern entweder völlig unbegründet und unmoti-

1 S. *Ausdehnung.*

Digitized by Google

virt, oder gar als das Resultat einer von Ewigkeit her bestehenden Reihenfolge der Dinge (harmonia praestabilita) anzusehen seyn würde. Man muſs daher die ganze Frage über die wirkliche Existenz einer der Anziehung entgegenwirkenden abstoſsenden Kraft, eben wie über das eigentliche Wesen und die Beschaffenheit derselben als auſserhalb der Grenzen unserer gegenwärtigen Kenntniſs der Natur gelegen ansehen.

Bei der Erörterung dieses Gegenstandes darf nicht übersehen werden, daſs Olbers[1] die eigenthümliche Gestalt der Kometenschweife auf abstoſsende Kräfte, sowohl des Kernes dieser Himmelskörper als auch der Sonne zurückführt, eine Vorstellungsart, welche einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit für sich hat, und im Allgemeinen auf repulsive Kräfte, namentlich der Wärme und des Lichtes führt. Zwar versucht Lehmann[2] die Gestalt der Kometenschweife bloſs aus der Anziehung der Sonne und des Kernes gegen die Theile derselben, verbunden mit der Bewegung dieser Himmelskörper zu erklären; allein jene Vorstellung scheint bei genauerer Prüfung vorzüglicher als diese. Gesetzt aber auch, daſs man die Existenz einer abstoſsenden Kraft durch diese Phänomene für begründet halten müſste, so zeigen sich dieselben zugleich in so weiten Fernen, daſs nur wenige Hoffnung vorhanden ist, das eigentliche Wesen der Abstoſsung hierdurch näher kennen zu lernen[3]. *M.*

Abweichung, astronomische.

Declination der Gestirne; *Declinatio;* Declinaison; *Declination.* Der Abstand der Gestirne vom Aequator auf einem gegen den Aequator senkrechten Kreise abgemessen. Wenn durch die beiden Himmelspole P und p Fig. und den Stern S ein gröfster Kreis gezogen wird, so 12. steht dieser Kreis senkrecht auf dem Aequator, weil er durch dessen Pole geht, und ist derjenige, welcher der *Ab-*

1 Monatl. Corr. XXV. 1 ff.

2 Disquisitiones nonnullaes mechanicae de origine caudarum cometarum cet. Gott. 1822. 8.

3 Die Zurückstoſsung und Zurückwerfung bewegter Körper von andern, namentlich elastischen Körpern, Flächen u. s. w. eben wie die Zurückwerfung des Lichtes, Schalles u. dgl. werden am gehörigen Orte abgehandelt.

Digitized by Google

weichungskreis, Declinationskreis, heifst, auf welchem der Abstand D S vom Aequator genommen und Abweichung genannt wird. Die Abweichung heifst *nördlich* (borealis), wenn der Stern zwischen dem Aequator und dem Nordpole ist, *südlich* (australis), wenn er sich zwischen dem Aequator und dem Südpole befindet. In der Formel nimmt man jene als positiv, diese als negativ an. Im Aequator ist die Abweichung $= 0$; im Pole $= 90°$.

Durch die *Abweichung* S D und *gerade Aufsteigung* 0 D Υ wird der Ort eines Sternes vollkommen angegeben, daher hat man diese beiden Gröfsen in den Fixstern - Verzeichnissen für eine grofse Anzahl von Fixsternen eingetragen. Man findet die Abweichung durch unmittelbare Beobachtung, wenn man die Polhöhe des Ortes kennt, indem eines Sternes Abweichung gleich ist seiner im südlichen Meridian beobachteten Höhe, weniger der Aequatorshöhe. Es trifft nämlich in dem Augenblick, da ein Stern durch den Meridian geht, sein Abweichungskreis mit dem Meridian zusammen, und seine Abweichung ist, also der zwischen dem Aequator und dem Sterne liegende Bogen des Mittagskreises. Ist bei Beobachtungen auf der nördlichen Halbkugel der Erde die Mittagshöhe kleiner als die Aequatorshöhe, so hat das Gestirn südliche Abweichung. Erscheint der Stern nördlich vom Zenith über dem Pole, so zieht man die Aequatorshöhe von $90° +$ Zenithdistanz ab, indem $90° +$ Zenithdistenz dann der Abstand vom südlichen Horizont ist.

Wenn eines Gestirns Länge und Breite gegeben ist, so findet man seine Abweichung. Es sey Fig. 14. A Q der Aequator, E C die Ekliptik, O T die Länge $= \lambda$, T S die Breite $= \beta$ eines Sternes S, und O U $= \alpha$ seine Rectascension, U S $= \delta$ seine Declination. Dann wird Tang. S O T $= \frac{\text{Tang. } \beta}{\text{Sin. } \lambda}$, $=$ Tang. w und Sin. $\delta = \frac{\text{Sin. } \beta \text{ Sin. } (w + e)}{\text{Sin. } w}$, wenn e $=$ E O A die Schiefe der Ekliptik ist. Für die Sonne, wo $\beta = 0$ ist, wird Sin. $\delta =$ Sin. e. Sin. λ. Nach dieser Formel sind die in den Sonnentafeln für jede Länge der Sonne und in den astronomischen Kalendern für jeden Tag angegebnen Abweichungen der Sonne berechnet. Will man die Angabe des Kalenders mit einer Beobachtung der Mittags- Fig. 14.

Digitized by Google

höhe der Sonne vergleichen, so mufs man auf den Mittags-Unterschied zwischen dem Beobachtungs-Orte und dem Orte, für dessen Mittag die Abweichung angegeben ist, Rücksicht nehmen; man sucht nämlich aus der während 24 Stunden statt findenden Aenderung der Abweichung, wie viel diese Aenderung in so viel Minuten, als der Meridianunterschied beträgt, ausmache.

Wegen der kleinen Aenderungen, die (durch Aberration. etc.) in der Länge und Breite eines Sternes zu berücksichtigen sind, so wie wegen Aenderung der Schiefe der Ekliptik erfordert die Abweichung eine kleine Correction, die durch folgende Formel angegeben wird.

1. Wenn sich blofs die Länge um $d\lambda$ ändert, so ist für den
Fig. Stern S', die Aenderung der Länge $= - d\lambda = T't'$,
13. daher $S's' = - d\lambda \cos. \beta$, und $s' s'' = d\delta = d\lambda$. $\cos. \beta . \sin. T' S' U'$, weil $T' S' U' = s'' S' s'$ ist; dieser Winkel ist aber bekannt, da man im sphärischen Dreieck $P S' \Pi$ zwei Seiten $P \Pi = e$ und $S' \Pi = 90° - \beta$, mit dem eingeschlossenen Winkel $= 90° - \lambda$ kennt.

2. Ist blofs in der Breite eine Aenderung $= St = d\beta$ zu
Fig. berücksichtigen, so ist für den Stern S, $d\delta = st = d\beta$.
13. $\cos. TSU$, wo nämlich Ss mit dem Aequator parallel ist, so wie vorhin $S's''$ mit dem Aequator, $S's'$ mit der Ekliptik parallel war.

3. Für die Aenderung in der Schiefe der Ekliptik, die dadurch hervorgebracht wird, dafs der Aequator am Him-
Fig. mel von AOQ in aOq übergeht, ist $d\delta = U\nu = de$.
14. $\sin \alpha$, wenn $\alpha = OU =$ gerade Aufsteigung ist. Wenn alle drei Gröfsen sich ändern, so ist $d\delta$ aus der Summe dieser Formeln zusammengesetzt.

Es kann vorkommen, dafs man die Abweichung eines Gestirnes aus seiner Höhe und Azimuth finden soll. Dann
Fig. ist $ZS = 90° -$ Höhe, $PZS = 180° -$ Azimuth,
12. $ZP = 90° -$ Polhöhe gegeben, und man findet $\cos. PS = \sin. \delta =$

$\sin. \varphi . \sin. h - \cos. \varphi . \cos. h . \cos. \omega$, wenn h die Höhe, φ die Polhöhe, ω das Azimuth ist. Für den bei den jetzigen Beobachtungen selten vorkommenden Fall, dafs man die Abweichung eines Gestirnes aus seinen gemessenen Abstän-

Digitized by Google

den von zwei der Lage nach bekannten Sternen bestimmen soll, giebt Littrow Regeln[1]. *B.*

Abweichung der Magnetnadel.

Declinatio s. variatio acus magneticae; Declinaison de l'aiguille aimantée; *Variation of the compass.* Mit diesem Namen bezeichnet man den Winkel, welchen die Richtung einer freischwebenden Magnetnadel mit dem wahren Meridiane auf einer horizontalen Ebene bildet, oder den *Bogen des Horizonts zwischen dem wahren und dem magnetischen Meridiane.* Sie wird immer auf das *Nordende* der Magnetnadel bezogen, und als *östlich* oder *westlich* bezeichnet, wenn dieser Theil der Nadel nach Osten oder Westen des wahren Norden abweicht.

Zur Bestimmung der Abweichung wird also die genaue Kenntnifs des *wahren* und des *magnetischen* Meridians erfordert. Der Erstere wird durch astronomische Operationen gefunden[2]; den Letztern giebt die Magnetnadel selbst an. Daher wird diese auch in vielen Fällen, wo es nur um eine ungefähre Bestimmung zu thun ist, zur Orientirung von Gebäuden, von tragbaren Sonnenuhren etc. angewandt, um mit Zuziehung der bekannten Abweichung die wahre Mittagslinie anzugeben.

Die Methoden zur Bestimmung der Abweichung unterscheiden sich hauptsächlich durch den verschiedenen Grad der Genauigkeit, dessen sie je nach den Umständen fähig sind. Zur See, und auf Reisen in entfernten Ländern mufs man auf Feinheiten Verzicht leisten, die man auf Sternwarten oder zur physikalischen Untersuchung dieser Gegenstände nicht unberücksichtigt lassen darf. Die einfachste und allgemein gebräuchliche Art, zur See die Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen, ist folgende: Man beobachtet mit einem eigends dazu eingerichteten Compafs[3] die Sonne, wann sie noch am Horizont ist, und bestimmt ihren Ort nach dem Compafs.

1 Littrow. I. 226.
2 S. *Meridian.*
3 S. *Azimuthal-Compafs*, Art. *Compafs.*

Aus der bekannten Polhöhe, nebst Höhe und Abweichung der Sonne, berechnet man ihr astronomisches Azimuth, welches, mit der Angabe des Compasses verglichen, die Abweichung des Letztern angiebt. Die meisten Navigations-Bücher enthalten den Abstand der Sonne im Horizont vom wahren Ost- und Westpunct, (die Morgen- und Abendweiten[1]) für alle Breiten und Declinationen berechnet, und zugleich die Veränderung dieser Gröfsen für die ersten hundert Minuten Erhebung der Sonne über den Horizont. Statt der Höhe der Sonne kann man auch die wahre Zeit der Beobachtung zu Hülfe nehmen, was besonders zu Lande vorzüglicher ist, wo die Beobachtung so kleiner Höhen mit dem künstlichen Horizont nicht angeht.

Weit sorgfältiger mufs die Abweichung bestimmt werden, wenn es nicht um eine flüchtige Reisebeobachtung, sondern um die physikalische Festsetzung dieses wichtigen Gegenstandes der Erkenntnifs zu thun ist. Der astronomische Meridian wird da am besten vermittelst eines Passageninstruments, oder durch Azimuthe mit Hülfe eines Theodolithen bestimmt. Die Erforschung des magnetischen Meridians setzt zuerst eine grofse Beweglichkeit der Nadel voraus; die nur durch Aufhängung an einem ungedrehten Seidenfaden erhalten werden kann;[2] sodann ist nachzusehen, ob der magnetische Meridian mit der geometrischen Längenaxe der Nadel zusammenfalle, oder, was je nach örtlichen Härtungen des Stahls allerdings möglich wäre, dieselbe in einer schrägen Richtung durchschneide. Die Nadel mufs mithin um ihre Längenaxe sich umdrehen lassen; und da drittens ein eingetheilter Gradbogen das Tertium Comparationis ausmacht, so sind die Collimationen beider Meridiane mit demselben auszumitteln.

Diese Bedingungen lassen sich entweder durch das Declinatorium von Cassini mit Gambey's Verbesserungen, oder

---

1 S. *Abendweite.*

2 Die erste Idee, die Magnetnadel an einem feinen, ungedrehten Faden aufzuhängen, gehört dem Jesuiten Franz Lana zu. Auch räth er an, das Ganze mit einer Glasglocke zu bedecken, und über das Ende der Nadel ein Mikroscop aus zwei Linsen mit einem dazwischen gespannten Faden zu setzen. S. Acta Erudit. A. 1686. p. 560. Ed. Veneta.

Digitized by Google

durch eine andere Vorrichtung erreichen, welche mit der von Prony[1] einige Aehnlichkeit hat. Auf dem Alhidaden-kreise eines eingetheilten Kreises AB, der durch drei Stellschrauben s, s, s, horizontal gestellt werden kann, befindet sich das Gestell DE, auf welchem ein Fernrohr FG nach Art der Passageinstrumente in den Lagern LL' sich bewegt, und dessen Axe auf gewöhnliche Weise nivellirt wird. Zwischen den nämlichen Säulen DE hängt senkrecht unter der Axe des Fernrohrs an einem feinen Faden, der in einer gläsernen oder messingenen Röhre eingeschlossen ist, die cylindrische Hülse H, deren Axe horizontal liegt. In dieser läfst sich der Magnetstab NS mit einiger Reibung bewegen, so dafs er um seine Längenaxe gedreht werden kann. An beiden Enden der Nadel ist ein kupferner Ring angelöthet, in welchem ein Spinnefaden in der Längenrichtung der Nadel ausgespannt ist. Das Ganze ist von einem hölzernen Kästchen umschlossen, welches bei I und I' mit Fensterchen aus Spiegelglas, oder auch aus Marienglas versehen ist, und zugleich mit den Säulen auf dem Alhidadenzapfen festsitzt. Die Mikrometerschraube M dient, um Passageinstrument und Kästchen in beliebige Azimuthal-Richtung zu bringen. Fig. 15.

Beim Gebrauche dieses Instruments ist allererst erforderlich, das Fernrohr auf gewohnte Weise zu berichtigen. Die Axe desselben mufs nivellirt, und der mittlere Verticalfaden in die optische Axe des Objectivs gebracht werden, was durch Umwenden des Fernrohrs und Visiren nach einem hinreichend entfernten Gegenstande bewerkstelligt wird. Alsdann neigt man das Fernrohr so viel, dafs man einen auf dem Ende der Nadel bemerkten feinen Strich oder den erwähnten Spinnenfaden erblickt; dreht hierauf die Mikrometerschraube der Alhidade und verschiebt entweder das Fernrohr nach der Richtung seiner Queraxe, oder den Aufhängepunct des Fadens, der die Nadel trägt, so lange, bis der Verticalfaden im Mikrometer des Fernrohrs mit den Spinnefäden an *beiden* Enden übereintrifft.

In dieser Lage giebt das Fernrohr die Richtung der Nadel an, welche dann auf der Kreiseintheilung bemerkt wird;

1 J. de Ph. XLIV. 474.

Digitized by Google

um diejenige des Magnetismus *in der Nadel* zu erhalten, dreht man sie in der Hülse H so, dafs ihre untere Fläche nach oben kömmt, und nachdem man vermittelst der Mikrometerschraube M die Fäden wieder zur Coincidenz gebracht hat, notirt man den Winkel: das astronomische Mittel aus beiden Ablesungen giebt die wahre Richtung des magnetischen Meridians selbst auf dem Kreise zu erkennen. Hat man eine Meridianmarke (Mire) am Horizonte, und befindet sich das Instrument in der Mittagslinie derselben, so kann man hiermit directe die Abweichung des magnetischen Meridians vom Astronomischen finden. Steht das Instrument aufserhalb jener Linie, so ist eine Reduction aufs Centrum erforderlich.

Da, wo jene Meridianmarke fehlt, bestimmt man nach astronomischen Methoden das Azimuth eines bemerkbaren Gegenstandes, oder, wenn man eine genaue Zeitbestimmung hat, so beobachtet man den Durchgang irgend eines Gestirnes, entweder im Meridiane oder aufser demselben, und berechnet im letztern Falle sein Azimuth. Offenbar müfste man, da hier das nämliche Fernrohr bald auf ganz nahe, und bald auf sehr entfernte Gegenstände gerichtet wird, das Objectiv desselben bedeutend verschieben können. Dieses könnte jedoch kaum ohne eine Verrückung der optischen Axe bewerkstelligt werden. Man begegnet dieser Schwierigkeit nach Arago's Vorschlage dadurch, dafs man hinter dem Objectiv, das zum Fernsehen eingerichtet ist, eine Linse von kleinerem Durchmesser befestigt, von derjenigen Brennweite, dafs sie das Bild eines nahen Gegenstandes auf das Fadennetz wirft. Will man auf die Nadel visiren, so setzt man eine Blendung vor, die nur die Strahlen in der Mitte des Objectives durchläfst; wird hingegen das Instrument auf den entfernten Gegenstand gerichtet, so deckt man jene Strahlen durch ein Scheibchen von angemessener Gröfse, und gestattet nur den Randstrahlen den Eingang. Durch besondere Versuche auf zwei in Einer Linie liegende Objecte von ungleicher Entfernung mufs dafür gesorgt werden, dafs die optischen Axen der beiden Objective genau zusammen fallen.

Die Kostbarkeit eines solchen Werkzeuges, die vielen Berichtigungen, die dabei erfordert werden, die Störungen,

Digitized by Google

welchen die Nadel vom Einflusse so vieler Messingtheile ausgesetzt ist, veranlassen uns, einen Apparat zu beschreiben, der, obwohl merklich einfacher, an Genauigkeit, jenem in Nichts nachsteht.

In einer Marmorplatte MM', welche durch drei Stell- Fig. schrauben s, s, s, horizontal gestellt werden kann, befindet 16. sich der messingene Zapfen eines Sectors, welcher eine genaue Kreiseintheilung trägt, und durch eine Schraube ohne Ende in Bewegung gesetzt wird. Auf demselben befindet sich ein hölzernes Kästchen KK', in welchem die Magnetnadel an einem Seidenfaden schwebt, und das an seinen beiden Enden mit verticalen Fenstern von Marienglas versehen ist. An der Nadel selbst, ist das Objectiv nebst dem Ocular und Fadenkreuz eines Fernrohrs A A' befestigt, dessen Röhre der gröfsern Leichtigkeit wegen weggelassen ist. Zur Um- wendung der Nadel dienen die zwei Stifte q und r in der Fig. Mitte derselben, welche in den Haken am Faden eingehängt 17. werden. Auswendig, zur Seite am Kasten, befindet sich ein zweites Fernrohr B, welches eine Vertical-Bewegung hat, und ebenfalls im Ocular ein Fadenkreuz trägt. In der Zeichnung ist nur ein Theil seines Objectivs sichtbar.

Beim Gebrauche des Instruments stellt man die Marmortafel ungefähr in den magnetischen Meridian, dreht dann den Sector so viel, dafs die Nadel, welche durch angeklemmte Drathstücke horizontal gemacht wird, so ziemlich in der Mitte des Kästchens schwebt, und bemerkt, wenn sie zur Ruhe gekommen ist, durch die Fenster, denjenigen Gegenstand des Horizonts, auf welchen der Faden des an ihr befestigten Fernrohres hinweist. Alsdann dreht man vermittelst der Mikrometerschraube V das Kästchen um so viel, dafs das zweite Fernrohr B ebendenselben Gegenstand im Mikrometer durchschneidet, auf welchen das magnetische Fernrohr A hinweist. Nachdem man auf der Eintheilung den Winkel abgelesen hat, öffnet man den Deckel des Kästchens, und kehrt die Magnetnadel um, so dafs sie *unter* das Fernrohr A zu liegen kömmt. Auf die nämliche Weise, wie vorhin, bringt man sodann das Fernrohr B in die Richtung des magnetischen Fernrohrs, und bemerkt auf der Eintheilung seine Stelle. Das arithmetische Mittel beider Ablesun-

Digitized by Google

gen giebt die wahre Lage des magnetischen Meridians in Beziehung auf den Nullpunct der Eintheilung. Hat man nun eine Meridianmarke, oder kennt man das Azimuth eines vom Meridian nicht allzu entfernten Gegenstandes, so ist es leicht, die Abweichung der Magnetnadel zu finden, indem man das Fernrohr B auf denselben richtet, und den Winkel ablieset. Ist einmal durch Umwenden der Collimationsfehler des Fernrohres und der Nadel bestimmt worden, so ist es nicht nöthig, diese Beobachtung zu wiederholen, auch kann durch Verschiebung des Mikrometers oder durch eine aus den Figuren leicht ersichtliche, mit dem Schräubchen *vv* zu bewirkende Verrückung des Objectivs dieser Fehler ganz aufgehoben werden. Es ist leicht einzusehen, dafs beide hier beschriebenen Instrumente auch zur Beobachtung der täglichen Aenderung der Abweichung gebraucht werden können; und in Beziehung auf diese mufs bemerkt werden, dafs man zu verschiedenen Tageszeiten beobachten mufs, um die wahre Abweichung zu erhalten.[1] Für Beobachtungen zur Nachtzeit möchte jedoch das dort beschriebene Instrument den Vorzug verdienen, da das hier beschriebene die Erleuchtung eines entfernten Objects voraussetzt.

Fig. 18. Fig. 19.

Wer die Abweichung der Magnetnadel zuerst wahrgenommen habe, ist unbekannt. Columbus Sohn, Ferdinand, in seiner Italienisch verfafsten Lebensbeschreibung seines Vaters (Venedig 1571.) behauptet, dafs dieser den 14ten Sept. 1492. die Abweichung beobachtet habe. Thevenot jedoch spricht in seiner Reisebeschreibung[2] von einem lateinischen Briefe des Peter Adfiger, welcher schon im Jahr 1269 eine Abweichung von 5 Graden beobachtet haben will. Vermuthlich ist dieses die kleine lateinische Abhandlung, die Cavallo auf der Universitätbibliothek zu Leyden sah, und aus welcher er im Supplemente zu seinem Werk über den Magnetismus einen kleinen Auszug giebt. Sie ist vom 8ten August 1269. datirt, und ist, wenn es mit diesem Datum seine Richtigkeit hat, dadurch merkwürdig, dafs in derselben nebst einem guten Theil unsinnigen Zeugs die

1 Vergl. unten, tägliche Aenderung der Abweichung.

2 Recueil des Voyages. Par. 1681. 8.

Digitized by Google

wichtigsten Kenntnisse über diesen Gegenstand enthalten sind. So sind daselbst die Gesetze der magnetischen Anziehung, die Mittheilung dieser Kraft an das Eisen, die Eigenschaft des natürlichen Magnets, oder des von ihm berührten Eisens, sich nach Norden zu richten, und eben seine Abweichung vom wahren Norden klar und unzweideutig ausgesprochen. Ein so wichtiges Document hätte wohl verdient, vollständig mitgetheilt zu werden, um so mehr, da selbst dreihundert Jahre später noch Zweifel gegen die Wirklichkeit einer Abweichung erhoben wurden, indem man, wie neuerlich bei den Einwirkungen des Schiffeisens auf die Boussole, die beobachtete Anomalie auf Rechnung der Instrumente und des Beobachters setzte. Erst gegen die Mitte des siebzehnten Jahrhunderts überzeugte man sich von der Richtigkeit dieser Entdeckung, so wie auch davon, dafs die Abweichung an verschiedenen Orten des Erdbodens verschieden sey.

Hatte die Anerkennung der magnetischen Abweichung überhaupt erst späten Eingang gefunden, so dauerte es ungleich länger, bis ihre Veränderlichkeit an einem und demselben Orte bemerkt wurde. Obgleich man in Paris schon in den Jahren 1541, 1550, 1580, und 1603. vier verschiedene Abweichungen gefunden hatte, deren Unterschied bis auf 3,25 Grad ging, und obgleich zu London die Abweichung von 1580 bis 1622 um $5\frac{1}{3}$ Grad abgenommen hatte, so war doch Henlibrand im Jahr 1634 der Erste, der die Veränderlichkeit der Abweichung bestimmt erkannte. Anfänglich hielt man diese Veränderungen für gleichförmig, bis genauere Vergleichungen das Gegentheil lehrten. Selbst die Meinung, dafs sie für den Zeitraum von wenigen Tagen unmerklich sey, wurde durch P. Tachard's Versuche, die er im J. 1682 zu Siam machte, widerlegt, bis endlich im J. 1722 der Mechanicus Graham bemerkte, dafs die Magnetnadel nicht nur von einem Tage zum andern, sondern selbst von Stunde zu Stunde ihre Richtung verändere.

Die Wichtigkeit, welche die genaue Kenntnifs der Abweichungen der Magnetnadel an verschiedenen Stellen der Erde, für die Schiffahrt im Allgemeinen und besonders auch, bei dem damaligen Mangel der bessern Methoden, für die Bestimmung der geographischen Länge zur See hatte, wen-

Digitized by Google

dete diesem Gegenstande die Aufmerksamkeit der Seefahrer, Physiker und später selbst der Regierungen in besonderem Grade zu. Der Erste, der hierüber ausgedehntere Forschungen anstellte, ist Halley, der im J. 1683 eine Theorie der Abweichung des Compasses herausgab. Im Jahr 1698 gelang es ihm endlich, durch Verwendung beim König Wilhelm, das Commando eines kleinen Schiffes zu erhalten, mit dem Auftrage, das Gesetz der magneticchen Abweichungen ausfindig zu machen und die Längen und Breiten der Englischen Niederlassungen in Amerika zu bestimmen. Er verreiste den 24. November jenes Jahres, kehrte aber, weil nach der Durchfahrt unter der Linie, seine Leute krank geworden waren, und zugleich sein Lieutenant sich empört hatte, schon im Juny 1699 zurück. Der Lieutenant wurde verhört und cassirt, und Halley zog im November desselben Jahres wieder aus, durchkreuzte das Altantische Meer in verschiedenen Richtungen, und kam im September 1700 mit einer reichen Ausbeute von Beobachtungen zurück, die ihn in den Stand setzten, im folgenden Jahre seine allgemeine Uebersichtscharte der Abweichungen in diesem Meere herauszugeben. Seinem Beispiele sind seither die meisten Physiker, welche mit diesem Gegenstande sich beschäftigten, gefolgt, indem sie für verschiedene Epochen die Puncte gleicher Abweichung auf den Weltkarten durch krumme Linien verbanden.

Die vollständigsten Charten dieser Art finden wir in dem im J. 1819 herausgegebenen Hauptwerke über den Magnetismus von Christopher Hansteen[1]. Von den daselbst befindlichen Abweichungscharten theilen wir die drei von den Jahren 1600, 1700, und 1800 mit[2], aus welchen sich auf den ersten Blick die bedeutenden Aenderungen ersehen lassen, denen diese Erscheinung unterliegt. Auf denselben sind vornehmlich zwei Linien ersichtlich, in welchen die

1 Untersuchungen über den Magnetismus der Erde. Mit fünf Kupfert. und einem Atlas von 7 Charten, nebst einem Anhange, welcher Beobachtungen der Abweichung und Neigung der Magnetnadel enthält. Christiania, 1819. 4. Siehe über dieses Werk eine treffliche Recension in der Hallischen Litteraturzeitung. J. 1822. No. 129. u. f.

2 S. Taf. II. III. u. IV.

Digitized by Google

Magnetnadel nach dem wahren Norden gerichtet ist, und deren Eine das Atlantische Meer, die Andere Neuholland und die Ostküste von Asien in einer fast nordwestlichen Richtung durchzieht. Zwischen diesen Linien reiner Abweichung drängen sich von Norden und Süden her die Linien der zunehmenden und der gröfsten Abweichung hinein.

Eine ganz besondere Gestaltung hatte die *Linie ohne Abweichung* im atlantischen Meere im J. 1600. Vom Vorgebirge der guten Hoffnung in einer etwas nordwestlichen Richtung aufsteigend, biegt sie sich in Afrika nach Nordost um, und zieht in einer meist nördlichen Richtung von Tripoli, unten an Italien durch Ungarn, Polen über Petersburg nach Lappland hinauf, wendet sich daselbst westlich und südwestlich an Island und den Azorischen Inseln vorbei nach der Nordküste von Südamerika, in welcher sie bei Surinam eintritt, und westlich das neue Festland durchstreifend, unterhalb der Landenge von Panama in die Südsee fällt. Besonders merkwürdig ist die Verengung, die sie im 20sten Grad nördlicher Breite erhält. Dadurch wird das Gebiet der östlichen Abweichung im nördlichen Theile des Atlantischen Meeres enger begrenzt, und die Curven gleicher Abweichung von 3 bis 9 Grad bilden geschlossene Ellipsen, deren statisches Centrum England ist, so dafs es dort wohl kaum einen Punct gab, wo die Abweichung 10° betragen hätte. Man glaubt hier offenbar das Zusammenwirken dreier Kräfte zu erkennen, deren eine die andere neutralisirt. Besonders mächtig zeigt sich aus der schnellen Zunahme der Abweichung diejenige, welche ihren Sitz in Nordamerika zu haben scheint; schwächer die bei Nova-Semlia, und die südliche bei Sandwichland.

Die andere *Linie keiner Abweichung* steigt durch die Mitte von Neuholland hinauf, nimmt ihren Weg durch die Insel Borneo, längs der Ostküste des chinesischen Reiches nordwestlich laufend. Auf diese Weise schliefsen diese Linien keiner Abweichung so ziemlich die drei Theile der sogenannten alten Welt ein, und sind durch einen Raum von etwa 120 Längengraden getrennt: für die übrigen zwei Drittheile des Erdumfanges, in der Südsee, fehlen uns die Beobachtungen. Doch möchte nach den spätern Ergebnissen

Digitized by Google

zu schliefsen, etwa in der Mitte zwischen den beiden genannten Linien, zwar nicht eine *Linie*, wohl aber ein Punct, eine Region der Nichtabweichung statt gefunden haben.

Im Laufe des siebzehnten Jahrhunderts trat eine bedeutende Aenderung bei derjenigen Scheidungslinie ein, die durch das atlantische Meer sich hinaufzieht. Leider fehlt es uns an Zwischenbeobachtungen, um den Gang dieser Transfiguration zu verfolgen, doch zeigen einige Angaben aus den Jahren 1620 und 1670, dafs der *östliche Zweig* jener Curve sich ziemlich schnell vorwärts bewegte, während dem der *nordöstliche Scheitel* südwärts geschoben wurde, wodurch jene Krümmung sich öffnete, und der westliche Schenkel verschwand. Ganz unbedeutend ist dagegen die Aenderung der Scheidungslinie, die durch das Chinesische Meer geht: sie geräth aber, wie sich aus Hansteens interessanten Zeichnungen ergiebt, im vierten Decennium des folgenden Jahrhunderts in ähnliche Bewegungen, wie früher diejenige im atlantischen Meere. Mit dem Fufse in der Mitte Neuhollands gleichsam feststehend wird sie am obern Theile, der die Ostküste von China bestrich, rasch nach Westen und dann nach Süden eingebogen, so dafs sie die Gestalt einer Flasche annimmt, deren Boden im 85sten Grad von Greenwich sich bis zum 10ten Grad südlicher Breite herabsenkt, und deren Hals in 30° nördlicher Breite und in 100° östlicher Länge im Chinesischen Reiche sich befindet. Immer an der Mitte von Neuholland mit geringen Verrückungen festhaltend, zog sich sodann der *östliche Schenkel* der Curve südwärts, wodurch jene Verengung sich öffnete; während dem der *westliche Schenkel* bis 1800 um etwa 40 Grade ostwärts zog, um die Inseln von Japan und Sachalin sich nordwestlich umbiegend. Wahrscheinlich hängt er mit einer dritten *Curve der Nichtabweichung* zusammen, welche in Sibirien von Casan nach Irkutzk sich zieht.

Indem diese Abweichungscharten uns eine sehr interessante Uebersicht des Conflictes der Kräfte gewähren, welche die Richtung der Magnetnadel an verschiedenen Stellen der Erde bestimmen, weisen sie nun zugleich auf diejenigen Puncte hin, von welchen diese Kräfte auszugehen scheinen. Man kann sie *magnetische Pole* oder wie Hansteen richtig

Digitized by Google

bemerkt, *magnetische Convergenzpuncte* nennen. So weist die starke westliche Abweichung in der Hudsonsbay und ihre schnelle Zunahme, verglichen mit den östlichen Abweichungen in der Behringsstrafse auf einen Punct in der Baffinsbay, wo diese ungleichen Richtungen sich durchkreuzen. Eine ähnliche Verengung findet sich auch unterhalb Neuholland; eine dritte im Süden vom Cap Horn; und eine vierte im Sibirischen Eismeere. Hat man gute Beobachtungen in der Nähe eines solchen Pols, so läfst sich seine Länge und Breite auf der Erdkugel folgendermafsen ausmitteln. Es sey P der Pol der Erde, A der gesuchte magnetische Pol, L und M zwei Orte von bekannter Länge und Breite, in welchen die Abweichungswinkel PLA und PMA beobachtet worden sind, so findet man aus den Polardistanzen der Oerter PL und PM, und ihrem Längen-Unterschied, dem Winkel LPM, ihre Distanz LM nebst den Winkeln PLM und PML; sodann sucht man im Dreieck ALM aus der Basis LM und ihren anliegenden Winkeln eine der Seiten AL oder AM; wobei der Winkel ALM = (PLM — Abw.) und AML = (PML + Abw.); endlich aus AL mit der Polardistanz des Ortes PL und der Abweichung PLA die Polardistanz PA des Magnetischen Poles, und den Winkel APL, welcher den Längenunterschied des magnetischen Poles A und des Beobachtungsortes L ausdrückt. Auf diese Weise kann man aus je zwei Beobachtungen die Lage eines magnetischen Convergenzpunctes berechnen, wobei denn die Uebereinstimmung der Resultate einen Mafsstab ihres Zuverlässigkeit giebt. Hansteen hat diese Rechnung mit grofser Sorgfalt geführt, und findet aus mehreren Beobachtungen nachstehende Positionen der vier Magnetpuncte A, B, a, b für das Jahr 1800, nebst ihrer jährlichen Verrükkung und den daraus abgeleiteten Perioden[1].

Fig. 20.

Magnetpunct.	Abstand vom Pol.	Jährliche Veränderung	Länge von Greenw.	Jährliche Veränderung	Umlaufszeit.
A.	20° 53′ S.	+ 0,′ 8.	134° 8′ O.	— 4′, 7.	4609 Jahre.
B.	20 7 N.	+ 0, 8.	93 33 W.	— 12, 5.	1740 —
a.	12 10 S.	— 1, 3.	130 28 W.	+ 16, 6.	1304 —
b.	4 35 N.	+ 0, 7.	131 43 O.	+ 25, 1.	860 —

1 S. Taf. V.

Hiebei bezeichnet A den Pol im Süden von Neuholland, B denjenigen in Nordamerika; a den im Süden vom Cap Horn; und b den Pol im Sibirischen Eismeere. Die jährlichen Veränderungen sind aus Vergleichung mit frühern, oft weniger genauen oder allzuentfernten Beobachtungen abgeleitet; es sind daher nach Hansteens Bemerkung, die Breitenveränderungen, weniger zuverlässig, als die Längen[1]. Aus dem Bisherigen ergiebt sich als offenbare Thatsache, dafs, wie schon Halley erkannte, *vier* solcher Convergenzpuncte auf der Erdoberfläche sich befinden, welche alle innerhalb der Polarzone liegen. Zugleich erhellet, dafs ihre Ortsveränderung meist nach der Richtung der Länge geschehe, wobei die nördlichen Pole nach Osten, die südlichen nach Westen sich bewegen, die Pole B und a schneller als die beiden andern[2].

Nimmt man mit Hansteen an, dafs A und B die Pole einer grofsen magnetischen Axe, a und b die einer schwächern Axe seyen, so ergiebt sich 1. „dafs diese Axen keine Erd„diameter, sondern blofse Chorden seyen"; 2. „dafs die „ganze Axe AB sich von der Erdaxe entfernt; die Axe ab „sich derselben nähert, weil die annähernde Bewegung ih„res Südendes stärker ist, als die entfernende ihres Norden„des". Es bleibt uns noch übrig, nachzuweisen, wie durch die Bewegung dieser vier Magnetpuncte die Erscheinungen der Abweichung hervorgebracht wurden, welche auf den gegebenen Charten dargestellt worden sind[3]. Berechnen wir

---

1 Hansteen macht darauf aufmerksam, dafs diese Convergenzpuncte nicht die eigentlichen *Magnetpole* seyen, sowohl weil die zu der Bestimmung eines solchen Punctes gebrauchten Beobachtungen, wenn sie nicht sehr nahe bei demselben sind, auch von den andern Anziehungspuncten influenzirt seyn können, als auch aus noch andern Gründen, die mit der Vorstellung wirklicher Magnetaxen in Verbindung stehen.

2 Man mufs sich hierbei durch die scheinbar grosse Längenänderung, die nahe am Pol auch einem geringen durchlaufenen Wege zukömmt, nicht irre machen lassen.

3 Um sich eine deutliche Vorstellung dieser Combinationen zu machen, ist es am besten, die Magnetpuncte auf einem Globus aufzutragen. Merkators Charten, wenn sie schon richtige Winkel geben, sind hiezu nicht genügend.

Digitized by Google

also aus den obigen Elementen den Stand der Magnetpuncte für 1600, so erhalten wir

	für A.	für B.	für a.	für b.
Breite.	18° 13′ S.	17° 27′ N.	14° 30′ S.	2° 15 N.
Länge.	119 48 O.	135 14 W.	75 8 W.	48 3 O.

Der Punct A befand sich demnach im Meridian von Van Diemens-Land in 72° südlicher Breite. B ein paar Grade nördlich von der Mündung des Mackenzie-Flusses; a um 20 Grade südlich vom Cap Horn; und b beinahe im Norden von Spitzbergen und nur zwey Grade vom Nordpol abstehend. Mithin waren die stärkern Pole A und B in der Südsee, die schwächern a und b im Atlantischen Meere vorherschend. Da wir nach den Gesetzen der magnetischen Anziehung (wie oben beim Artikel: *Ablenkung* gezeigt worden,) der Südhälfte der Erdkugel Nordpolarität, der nördlichen Südpolarität zuschreiben müssen, so zog jeder der beiden Puncte, A und a, das Südende der Nadel zu sich hin, und so erhielt die Nadel zwischen Afrika und Neuholland eine nordwestliche, zwischen Afrika und Amerika eine nordöstliche Richtung. Beim Vorgebirge der guten Hoffnung stand die Nadel zwischen beiden sollicitirenden Kräften im Gleichgewicht, und war ohne Abweichung. Senkrecht über den Puncten A und a, im Norden von Neuholland traf die Richtung der magnetischen Anziehung mit dem Meridian zusammen, mithin entstand daselbst wieder eine Linie der Nichtabweichung. Das Nämliche fand beim Magnetpunct a, im Westen von Südamerika statt.

Auf der Nordhälfte der Erde konnte der nahe am Erdpol etwas östlich liegende Magnetpunct b nur eine höchst geringe östliche Abweichung bewirken; die Wirkung des südlichen Pols a wurde also durch den stärkern und gleichsam auf der Flanke angreifenden Punct B von Norden her beschränkt. So entstand jene Annäherung und Vereinigung der Linien ohne Abweichung im nördlichen atlantischen Ocean, die später mit der Fortrückung der Pole wieder verschwand.

In der Südsee verursachten die Pole A und B eine entschiedene östliche Abweichung, welcher der Pol a nur ge-

Digitized by Google

ringe, der Pol b so viel als gar keine westliche Richtung entgegensetzen konnte, so dafs sein Wirkungskreis nicht über die Ostgrenze von Asien hinausging.

Da im Verlauf der Zeit die südlichen Pole nach Westen, die nördlichen ostwärts sich bewegten, so mufste auch das südöstliche Ende der Indifferenzlinie von der Südspitze Afrika's nach Westen verschoben werden. Der Pol B näherte sich dem atlantischen Meere in einer Richtung, welche die Nordostküste von Labrador bestrich, und den Aequator etwa im 30sten Grad westlicher Länge traf, während dem der Pol b sich in einer beinahe nördlichen Richtung von diesem Meere entfernte. Die schnelle Wanderung des Poles a verminderte seinen Einflufs auf das nördliche atlantische Meer, und so gewann in diesem, und in ganz Europa die vom Punct B bedingte westliche Abweichung die Oberhand.

Jeder Magnetpunct wird von einer Linie durchschnitten, in welcher der Compafs keine Abweichung zeigt, diese ist die Richtung seines Meridians. Die durch Neuholland gehende Nichtabweichungslinie änderte also ihre Lage nur in so weit, als sie der Verrückung des Poles A nach Westen nachfolgte. Starke Abweichungen konnten nur zur Seite desselben im Südindischen Ocean statt finden, weniger im Südmeere, weil da die Nähe des Poles a entgegen wirkte. Aehnliche Schwankungen dieser Linie bewirkte der nach Osten wandernde nördliche Pol b, dessen Wirkungen durch den nur 20 Grade hinter ihm stehenden mächtigen Pol B verändert wurde.

Gegen das Ende des achtzehnten Jahrhunderts war der südamerikanische Pol a bis zum 120sten Grade westlicher Länge fortgerückt. Es sollte also in der Richtung seines Meridians eine Linie ohne Abweichung sich bilden; allein einerseits zog der im Westen stehende australische Pol A das Südende der Nadel zu sich, und bewirkte dadurch selbst nahe beim Pol a starke östliche Abweichung, die erst bei gröfsern Entfernungen von beiden Polen verringert wurde, andrerseits zog in der nördlichen Hemisphäre der östlicher liegende nordamerikanische Pol B nach Osten hin. Dadurch entstand im Jahre 1770 ein System von concentrischen

Digitized by Google

Ellipsen[1], deren Mittelpunct im 120sten Grade westlicher Länge von Greenwich und im 18ten Grade südlicher Breite lag, und das Minimum der (östlichen) Abweichung, nämlich 2 Grade betrug. Endlich entwickelte sich durch das Zusammenwirken des sibirischen Poles b und des Nordamerikanischen, B, jene kreisförmige Linie ohne Abweichung, im asiatischen Rufsland, die wahrscheinlich mit der Indifferenzlinie, welche die Ostküste von Asien bestreicht, in Verbindung steht.

Dieses ist im Allgemeinen das Factische der Erscheinungen, unter welchen der Magnetismus der Erde in der magnetischen Abweichung sich darstellt. Den Versuch einer Erklärung, oder einer auf ein glaubwürdiges Princip gestützten Theorie, wenn dieses nicht zu gewagt ist, müssen wir bis zum Artikel *Magnetismus* versparen, weil, wie auch Hansteen mit Recht bemerkt, die sämmtlichen Erscheinungen des Magnetismus, Abweichung, Neigung, und Intensität zusammengefafst werden müssen, um eine genügende Theorie zu begründen, und jede Erklärung, die nur Einer dieser drei Gestaltungen des Magnetismus sich anpafst, als einseitig angesehen, und so lange in Zweifel gestellt werden mufs, bis ihre Tauglichkeit auch für die Uebrigen erwiesen ist. Diese Bemerkung trifft allerdings alle bisher aufgestellten Theorien; allein sie gereicht ihren berühmten Urhebern keineswegs zum Vorwurf, weil nicht Mangel an Umsicht, sondern Mangel an Beobachtungen über magnetische Neigung und Intensität es war, was ihren Blick auf das blofse Phänomen der Abweichung beschränkte. Hansteen gebührt das Verdienst, die gröfste Menge von Thatsachen zusammengetragen, und die Aufgabe in ihrer ganzen Ausdehnung erfafst zu haben. Aus seinen Untersuchungen, in welchen Gründlichkeit und Scharfsinn mit unermüdlichem Fleifse und mathematischem Geschick vereint sind, geht überzeugend hervor, dafs die magnetischen Erscheinungen sich nicht durch die Annahme einer einzigen Magnetaxe genügend erklären lassen. Hansteen nimmt deren zwei an,

1 S. Hansteen Unters. Kupfert. Tab. II. die Abweichungscharte für 1770.

die eine stärkere, die wir oben mit AB bezeichnet haben, von Van Diemensland bis zur Hudsonsbay gerichtet, die andere schwächere ab vom Südamerikanischen Pole bis zum Sibirischen Eismeere. Das Verhältnifs ihrer Kraft schätzt er wie 7 : 4, ihre Länge fällt nach ihm zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$ des Erddiameters, so dafs ihre Enden beträchtlich von der Oberfläche entfernt sind. Er sucht zu zeigen, dafs die Annahme blofs *lineärer* Magnetaxen den Erscheinungen nicht genüge, sondern dafs man sie als Cylinder von beträchtlichem Durchmesser annehmen müsse. Wenn wir auch diesem gelehrten Physiker in demjenigen, was er von der Unzulänglichkeit der frühern Theorien sagt, Beifall geben müssen, wenn wir überzeugt sind, dafs er viel tiefer, als alle seine Vorgänger, in den Gegenstand eingedrungen sey, so können wir dennoch nicht verhehlen, dafs auch diese Erklärungsmittel uns noch einiges zu enthalten scheinen, was durch die Erscheinungen nicht als nothwendig indicirt ist. Wir rechnen dahin namentlich die Voraussetzung wirklicher magnetischer *Axen*. Es wäre allerdings unstatthaft, bei einem so evident dualistischen Wesen, wie der Magnetismus ist, an *unipolare* Magnete zu denken; allein die magnetische Spannung könnte wohl eben so gut durch die Oberfläche der Erde, wie durch das Innere statt finden; ja die repulsive Kraft dieses Fluidums und die oben[1] angeführte Thatsache aus Barlows Versuchen über seine Verbreitung auf der Aufsenfläche der Körper scheint uns eher auf den erstern Weg der Mittheilung zu verweisen. Ueberhaupt dürfte man, wenn man die täglichen Wechselbewegungen der Magnetnadel, ihre Störung durch das Nordlicht, und den durch Oersted's Entdeckungen erwiesenen Zusammenhang des Magnetismus mit der Elektricität in Erwägung zieht, die Idee, dafs der Magnetismus der Erde nicht ein mineralisches Inhärens derselben, sondern gleich der Elektricität, oder vielleicht gar *durch dieselbe* ein Erzeugnifs des durch die Sonne angeregten Luft- und Wasserprocesses sey, nicht mehr so fremdartig finden. Die Magnetpole sind dieser Vorstellung nach nichts als Condensationspuncte des über

1 S. Art. *Ablenkung*; Sätze über den Magnetismus der Lage, Sz. 10.

Digitized by Google

die ganze Erde zerstreuten magnetischen Fluidums, von südlicher Polarität auf der einen, von nördlicher auf der andern Erdhälfte; eigentlich nicht Puncte, sondern *Regionen* eines concentrirten Magnetismus, was mit Hansteens Magnetcylindern von beträchtlichem Durchmesser übereinstimmt, und auch der Gestaltung eines meteorischen Fluidums gemäfs ist. Warum sie ihren Sitz im Eismeere haben, welches ihr Zusammenhang mit dem Polarlichte sey, was ihre Wanderung bedinge[1], läfst sich für einmal eben so wenig ausmachen, als die Frage, warum ihrer zwei auf jeder Erdhälfte sich befinden[2]. Allerdings läfst sich dabei auch an kosmische Einwirkungen, z. B. einen magnetischen Einfluss der Sonne denken, und auch Hansteen ist geneigt, die Ursache der magnetischen Erscheinungen eher aufserhalb der Erde zu vermuthen[3]. Zahlreichere und vollständige Beobachtungen über magnetische Abweichung, Neigung und Intensität am magnetischen Aequator und in der Nähe jener Convergenzpuncte, vermehrte Entdeckungen über das Wesen der elektrischen Flüssigkeiten, diese sind es, die uns unter der Leitung eines auf wohlerkannte Thatsachen gegründeten mathematischen Räsonnements auch hierüber zu bessern Einsichten führen werden.

Dafs wir hier auf solche Theorien, die entweder nur die Abweichungsphänomene einzelner Orte betrachten, oder die mit einer einzigen Magnetaxe auszureichen gedenken, oder die gar von magnetischen Planeten sprechen, die im Innern der Erde umlaufen sollen, uns nicht einlassen, bedarf nach dem oben angeführten keiner Rechtfertigung. Wenn es überhaupt wohlgethan ist, bei Theorien physikalischer Gegenstände keine Voraussetzungen zu gestatten, welche dem Gange, den die Natur in andern Erscheinungen befolgt, allzu unähnlich wären, so ist dieses unerläfsliche

1 Sollte diese vielleicht mit dem Vordringen der Kälte nach Osten seit dem 11ten und 12ten Jahrhundert, welches die Entvölkerung Grönlands bewirkte, in einigem Zusammenhange stehen?

2 Hansteen hält es für möglich, dafs die eine magnetische Axe durch ein Wechselverhältnifs zwischen Sonne und Erde, die andere zwischen Mond und Erde erzeugt worden sey.

3 pag. 98. und p. 500. seines Werkes.

Digitized by Google

Pflicht bei einer Untersuchung, in welcher wir von dem eigentlichen physischen Bestande der Erscheinung selbst noch gar keinen Begriff haben[1].

Veränderung der Abweichung.

Unter dieser Benennung begreift man die kleinern, meist periodischen Aenderungen der Richtung der Magnetnadel, welche im Lauf eines Tages vor sich gehen, und als blosse Störungen ihres mittlern Standes anzusehen sind. Ihre Beobachtung erfordert weit genauere Werkzeuge, als die gewöhnliche absolute Bestimmung der Abweichung; dagegen erspart sie die astronomischen Methoden zur Bestimmung des wahren Meridians; und da es hier nur um Differenzen der Richtung sich handelt, so kömmt auch die Kenntnifs der magnetischen Axe der Nadel nicht in Betracht. Man begnügt sich, die Nadel an einem einfachen Seidenfaden aufgehängt, durch zwei Mikroskope zu betrachten, die auf ihre Enden gerichtet sind. Coulomb hat hiezu eine Einrichtung angegeben, die in Fig. 21. dargestellt ist. Die Mikroskope sind hier an Schiebern befestigt, deren Verrückung durch eine Mikrometerschraube und eine Eintheilung gemessen wird. Bei der Beobachtung werden dieselben so lange verschoben, bis die in ihrem Innern befindlichen Kreutzfäden auf die Enden der Nadel eintreffen. Die Nadel selbst, an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt, befindet sich in einem viereckigen Kästchen, dessen Deckelstück von Spiegelglas ist. Das Ganze wird auf einer unverrückbaren steinernen Unterlage befestigt. So einfach und gerade zum Zweck führend diese Einrichtung erscheint, so dürften sich doch in der Ausübung zwei wesentliche Mängel zeigen. Der eine besteht in der Unmöglichkeit, die Mikrometerschrauben der Mikroskope zu bewegen, ohne dem Apparat

Fig. 21.

---

1 Man sehe Gilberts Ann. der Physik die Bände 19, 20, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 35, 57, 65. 75. in welchen sehr viele Abweichungsbeobachtungen, auch verschiedene Theorien der Abweichung vorkommen. Das Hauptwerk über diesen Gegenstand bleiben die oft berührten „Untersuchungen über den Magnetismus der Erde" von Chr. Hansteen, in welchen sich zugleich auch eine sehr reichhaltige Sammlung von magnetischen Beobachtungen befindet.

Digitized by Google

selbst und mithin auch der Nadel eine Erschütterung mitzutheilen, die, so gering sie auch seyn möchte, doch bei der Kleinheit des zu messenden Aenderungswinkels (10 bis 20 Sec.) nicht anders als störend sich erweisen müfste; der Andre liegt in der Voraussetzung einer absoluten Festigkeit der Unterlage. Gegen diese streiten die Erfahrungen, welche man über die Verrückung astronomischer Instrumente von ungleich soliderer Befestigung gemacht hat; und selbst, wenn der Stein wirklich unverrückbar wäre, so möchten doch die Mikroskope durch die verschiedene Dilatation der Steinplatte und des Metalles, mit welchen sie beiderseits zusammenhängen, zuweilen Dehnungen erleiden, für welche sich schwerlich Rechnung tragen liefse. Zur Beobachtung des Einflusses der Nordlichter ist diese Einrichtung vollends untauglich, weil es unmöglich wäre, mit der Mikrometerschraube die plötzlichen oft bedeutenden Sprünge der Nadel zu verfolgen.

Es ist daher für Beobachtungen dieser Art unumgänglich nothwendig, dafs man ohne weitere Stellung oder Schiebung die Bewegungen der Nadel directe nach einer Eintheilung bestimme, welche man zugleich mit derselben durch das Mikroskop selbst erblickt. Dieses läfst sich auf zweierlei Weise bewerkstelligen: entweder vermittelst eines Glasmikrometers, das im Brennpunct des Oculars im Mikroskop befestigt ist; oder auch durch eine feine Eintheilung auf den Enden der Nadel selbst. Bei Anwendung der erstern Methode ist es dienlich, die Enden der Nadel nach Gambey's Vorschlage mit einem Ringe zu versehen, in welchem ein feiner Metalldrath in der Richtung der Nadel ausgespannt ist. Bei dieser Einrichtung wird man ihre Stelle immer noch mit Sicherheit erkennen, selbst wenn wegen der zuweilen eintretenden Hebungen und Senkungen des einen oder andern Endes derselben ihr optisches Bild nicht ganz deutlich wäre, und dieses ist wohl der wichtigste Vorzug des Glasmikrometers; dagegen ist die Beobachtung auf ein Feld von ein paar Graden beschränkt, so dafs man nur in mittlern Breiten den Einfluss der Nordlichter mit einem solchen Werkzeuge beobachten kann. Die andere Methode ist hingegen allgemein für Aenderungen von wenigen Secunden

Digitized by Google

bis zu mehrern Graden anwendbar. Allein man mufs, wenn etwa durch die Wirkung der Kälte die Nadel aus ihrer horizontalen Lage gewichen ist[1], im Stande seyn, durch aufgelegte Gewichte sie in dieselbe zurückzubringen. Die Garantie der Unverrückbarkeit erhält man am besten durch ein Fernrohr, das, mit den Mikroskopen fest verbunden, nach einem entlegenen Object gerichtet ist.

Aus diesen Grundsätzen ergiebt sich folgende Construction eines Declinatoriums für die Beobachtung der täglichen Aenderungen. AA′ ist ein starker viereckiger Rahmen von Messing oder Kupfer, welcher um das Centrum I beweglich, am Schwanzstück S vermittelst der Schrauben v v in beliebiger Richtung befestigt wird. Auf demselben wird eine dicke Messingplatte BBB aufgeschraubt, welche die Mikroskope MM′ trägt, und zwei viereckige Oeffnungen als Fenster hat. An dieser Tafel B ist von unten der Glaskasten GG′ befestigt, welcher in der Zeichnung als ganz durchsichtig dargestellt ist, in der Ausführung jedoch am besten aus hölzernen Rahmen zusammengesetzt wird. Er ist unten mit einem dünnen Boden versehen, und steht schwebend von der Steinplatte um die Dicke des Stückes S ab. Auf der entgegengesetzten Seite des Kästchens befindet sich der Träger T für die Glasröhre, in welcher die Nadel n s an einem Seidenfaden aufgehängt ist. Sein Fufsstück, das einen Halbkreis bildet, steht auf einem nur eben auf der Tafel hervorragenden Stifte, und wird durch drei Stellschrauben, p; p; p, von denen eine in der Zeichnung sichtbar ist, auf dieselbe niedergezogen, so dafs man durch veränderte Neigung des Trägers den Mittelpunct der Nadel jederzeit in die Linie der Mikroskope zurückführen kann, ohne die Letztern selbst im Mindesten zu stören. In der obern Fläche des Gestelles A und der Tafel B befindet sich ein geräumiges kreisrundes Loch, um der Röhre R freien Durchgang zu gestatten. Zur Abhaltung des Luftzuges wird die Röhre R mit einem leichten messingenen Kragen K umgeben, dessen Durchschnitt die nebenstehende Figur dar-

Fig. 22.

1 S. unten vom Einflusse der Kälte und Feuchtigkeit auf die Magnetnadel.

Digitized by Google

stellt. Dieser ist auf der Fläche B nur lose aufliegend, und mag nöthigenfalls mit irgend einer weichen Substanz, z. B. mit Sammt in seinen Zwischenräumen ausgefüttert werden. Auf jedem Ende der Nadel n s wird ein dünner Streif von Silber, als Gradbogen aufgeschraubt, welcher auf Minuten getheilt ist. Wäre der Abstand des Endes der Nadel vom Mikroskop stets unveränderlich, so könnte man die Intervalle der Eintheilung gröfser machen, und statt eines blofsen Abschfadens im Mikroskop einen Vernier auf Glas anbringen. Für eine Nadel von 1 Fufs Länge sollte die optische Vergröfserung nicht unter 20 bis 30mal betragen. Beim Gebrauche mufs man durch beide Mikroskope beobachten; aus dem Unterschied der Angaben läfst sich erkennen, ob etwa der Mittelpunct der Nadel excentrisch geworden sey. Noch ist das Versicherungs-Fernrohr zu bemerken, welches auf dem Deckel B in genauer Verbindung mit den Mikroskopen angebracht wird. Es kann auch, wenn man es vorzieht, nur in zwei Lager L L' gelegt werden, welche in der Zeichnung zu sehen sind. Dafs alle metallenen Theile des Instrumentes aus reinem, neubereitetem, ohne Zusatz von Feilspähnen gegossenen Messing verfertigt werden müssen, bedarf wohl keiner besondern Erinnerung.

Vorschläge, um durch Combination mehrerer Nadeln die Verrückungen gröfser zu machen, sind von G. Bidone[1], und von Biot[2] angegeben. Es möchte jedoch von ihnen das Nämliche gelten, was man von den Mitteln, die Barometerveränderungen sichtbarer zu machen, bemerkt hat: sie vergröfsern die Bewegung auf Kosten der Zuverläfsigkeit, und in den Händen des geübten Physikers ist das einfachste Instrument zugleich auch das genaueste. Eine evidente Bestätigung dieses Satzes findet man in einer Abhandlung Barlow's[3]. In dieser wird weitläufige Rechenschaft gegeben von den misglückten Versuchen, durch Schwächung der ge-

1 Mém. de l' Acad. de Turin. 1811. p. 142. Uebers. in Gilb. Ann. der Physik. T. 64. p. 374.

2 Précis élément. de Physique 2. d. Ed. Vol. II. p. 100.

3 Philos. Trans. for 1823. p. 326. and im Auszuge in Poggendorfs Ann. der Ph. und Ch. Bd. I. p. 329.

Digitized by Google

wöhnlichen dirigirenden Kraft des Magnetismus vermittelst seitwärts angebrachter Magnete, die täglichen Aenderungen bemerkbarer zu machen. Die Bewegungen der Nadel wurden allerdings bedeutend vergröfsert, aber sie zeigten zugleich auch solche wiedersprechende Anomalien, dafs man die Hoffnung aufgeben mufste, auf diesem Wege zu brauchbaren Resultaten zu gelangen.

Die erste Entdeckung der *täglichen Veränderung der magnetischen Abweichung* wurde im J. 1683 von dem Jesuiten Tachard in Siam gemacht; die der *stündlichen* Aenderung hingegen im März 1722 von dem Instrumentenmacher Graham in London. Obgleich dieser seine Entdeckung schon in den Philos. Transactionen von J. 1724 bekannt machte, und durch Anführung einer grofsen Zahl von Beobachtungen aufser Zweifel gesetzt hatte, so blieb sie dennoch unbenutzt, bis im J. 1740 der Schwedische Naturforscher Andr. Celsius in Upsula sie durch neue und zahlreiche Beobachtungen, in welchen er von dem Prof. Hiorter unterstützt wurde, erweiterte. Ihm folgte im J. 1749 Peter Wargentin in Stockholm, A. 1756 Canton in London und 1765 Wilke in Stockholm. In den siebziger Jahren erwachte plötzlich ein allgemeines Interesse für diesen Gegenstand. Es beobachteten: Wilke in Stockholm (1771 — 1774); Lous in Kopenhagen (1765 — 1772) Asclepi in Rom (1772); Cotte in Montmorency (1774 — 1775) und Van Swinden in Franneker (1771 — 1775)[1]. Mit verbesserten Werkzeugen lieferte Cassini[2] eine neue Reihe von Beobachtungen von 1783 bis 1789; und am vollständigsten endlich Gilpin von den Jahren 1786 und 1787, und später in vierteljährigen Terminen bis 1805[3]. In neuerer Zeit hat der Oberst Beaufoy fortgehende Abweichungsbeobachtungen angestellt, welche in Thomsons Annals of Philosophy zu finden sind. Einzelne kürzere Reihen von Beobachtungen wurden in entlegenern Gegenden von folgenden

1 Das Geschichtliche ist hier gröfstentheils nach Hansteen (Untersuch. über den Magnetismus der Erde p. 438 und folg.).

2 Des Variations de l'aiguille aimantée par M. Cassini 1791.

3 Philos. Transact. 1806. Gilpin beobachtete 16 Monate lang 12 Stunden des Tages; Cassini nur etwa alle 8 Tage.

Digitized by Google

Beobachtern angestellt. Von dem Admiral Löwenörn in Holmeshafen auf Island (64° 9′ N. und 22° 27′ W. v. Gr.) im J. 1786. Von dem Missionär Andr. Ginge auf der Colonie Godthaab in Grönland (64° 10′ N. und 53° 30′ W. v. Gr.) in den Jahren 1786 und 1787; von Samuel Williams und Stephan Sewall zu Cambridge in den J. 1781, 1782 und 1785[1]. Von John Macdonald auf Sumatra in den J. 1794 und 1795, und auf St. Helena 1796. Neuerlich noch auf Franklins Landreise nach dem westlichen Polarmeere von dem Lieut. R. Hood im März, April, u. Mai 1820.

Das Ergebnifs so vieler Beobachtungen[2] läfst sich in folgende wenige Sätze zusammenfassen.

1. Die horizontale Magnetnadel verändert ihre Richtung *von Stunde zu Stunde*; wohl auch in noch *kleinern* Intervallen; sie hat überdem eine *tägliche* und eine *monatliche*, oder, wenn man lieber will, *vierteljährige* Schwankung.
2. Die Nadel vollendet in etwa 12 Stunden eine Oscillation: sie ist nämlich in Europa des *Nachts etwa um 2 Uhr am Oestlichsten* u. *Nachmittags um 2 Uhr am Westlichsten*[3].

---

1 Memoires of the American Academy Vol. I. et III.

2 In Allem über *Dreifsigtausend*. Celsius und Hiorter machten mehr als 10000, Canton etwa 7000, Gilpin etwa 6000, wohl eben so viel Wilke. Rechnet man für die Uebrigen: Wargentin, Lous, Van Swinden, Cassini für jeden nur 2000, so hat man 35000 Beobachtungen.

3 Beinahe allgemein wird angenommen, dafs die tägliche Aenderung eine Ebb- und Flut-Bewegung befolge, d. h. in 24 Stunden zwei Oscillationen mache. Die Nadel soll nehmlich vor Abends um 8 Uhr bis 2 Uhr Morgens ebenfalls *westlich* gehen, und bis um 8 Uhr Morgens auf den östlichen Stand zurückkehren. Allein dieses ist mit den Durchschnittszahlen aus Gilpin's zweijährigen stündlichen Beobachtungen im Widerspruch. Diese geben nehmlich die westliche Abweichung 243°.

Um												
	6	U. Morg.	10′, 4	10	U. —	17′, 1	2	U. NM.	27′, 2	8	U. Ab.	17′, 4
	7	—	12, 7	Mittag		25, 8	4	—	22, 8	10	—	17, 1
	8	—	13, 3	1	U. —	27, 3	6	—	19, 0	11	—	16, 8

Die Nadel ist demnach von 2 Uhr N. M. bis Nachts um 11 Uhr in beständigem Rückgang nach Osten gefunden worden, und hat selbst dann noch nicht den östlichern Stand von 6 Uhr Morgens erreicht. Wilke drückt sich hierüber so aus: „Die Nadel bewegt sich des Morgens bis „8 und 9 Uhr meist langsam nach Westen; von 9 bis 11 Uhr fängt sie „an schneller zu gehen, und eilt dann zwischen 12 und 3 U. ihrem Wen-

Digitized by Google

3. Etwa von 6 bis 8 Uhr des Morgens, wie des Abends, scheint sie einen *Ruhepunct* zu haben; geht dann aber (besonders am Tage) im Sommer von 8 bis 12 Uhr, im Winter von 10 bis 1 Uhr mit schnellerer Bewegung nach Westen, als sie des Nachmittags von da zurückschreitet. Eine Tafel dieser Aenderungen im J. 1787 findet sich in den Philos. Transact. f. 1806[1].

4. So wie die Bewegungen der Nadel des Tages stärker sind, als des Nachts, so sind sie auch *beträchtlicher im Sommer als im Winter.* Nimmt man in Gilpins so eben erwähnter Tafel II. aus den mittlern stündlichen Stellungen der Magnetnadel die Beobachtungen von 7 und 8 Uhr und eben so die von 1 und 2 Uhr zusammen, so erhält man folgende Werthe nebst ihren Unterschieden[2]:

Monat	7^u 8^u	1^u 2^u	Diff.	Monat	7^u 8^u	1^u 2^u	Diff.
Jan.	23°14′,1	24′,3	10′,2	Julius	23°6′,5	26′,0	19′,5
Febr.	14,0	24,3	10,3	August	8,4	27,6	19,2
März	11,7	26,6	14,9	Sept.	10,7	26,1	15,4
April	8,1	25,5	17,4	Oct.	12,3	26,6	14,3
Mai	5,2	24,1	18,9	Nov.	13,8	25,5	11,7
Junius	5,7	25,3	19,6	Dec.	14,5	22,8	8,3

Es ergiebt sich hieraus, 1., dafs in den Sommermonaten die tägliche Oscillation beinahe das Doppelte von der im Winter stattfindenden beträgt. 2., dafs jedoch der Stand der Nadel im Maximo (wie die dritte Columne zeigt) nach

„depunct nach Westen zu. Von da kehrt sie nach Osten zurück mit abnehmender Geschwindigkeit bis 6, 7 und 9 U. Abends, da sie gleichsam eine Weile ruht, aber wieder zwischen 10 und 12 U. etwas nach Osten rückt, und öfters zwischen 12 und 3 U. in der Nacht noch einen Schritt *ostwärts* thut, um nach einigem Verweilen daselbst, am Morgen wieder nach Westen zu wandern. *Zuweilen* kömmt dabei der Umstand vor, dafs die Nadel während ihres Ganges nach Osten bisweilen schon um 7 oder 8 U. gewöhnlich aber zwischen 9 und 12 U. des Abends, einen kleinen Rückschritt von einigen Minuten nach Westen thut, doch, ohne sich dabei aufzuhalten, ihren Gang nach Osten vollführt". S. Hansteen Unters. p. 432.

1 Uebers. in Gilb. Ann. der Ph. Bd. 29 p. 392. und ebenso in Hansteen's Unters. p. 455.

2 Hiebei ist die jährliche Zunahme der Abweichung = 6,8 Min. nach Verhältnifs der Monate abgezogen.

Digitized by Google

den Jahreszeiten weniger veränderlich ist, als ihre Lage in den Morgenstunden. Cassini's Beobachtungen, die er von 1784 bis 1788 je zu 8 Tagen über die östliche und westliche Digression anstellte, geben für die einzelnen Monate folgende Mittelwerthe[1]:

Monat	Maximum der oestl. Digression.	westl.	Diff.	Monat	Maximum der oestl. Digression.	westl.	Diff.
Jan.	17′,7	28′,0	10′,3	Juli	10′,4	23′,7	13,3
Febr.	18,9	29,7	10,8	Aug.	10,7	24,8	14,1
März	19,2	33,5	14,3	Sept.	12,2	26,6	14,4
April	21,0	36,2	15,2	Oct.	17,2	29,5	12,3
Mai	17,9	32,5	14,6	Nov.	16,6	26,9	10,3
Juni	11,8	25,3	13,5	Dec.	18,2	27,3	9,1

Die Differenzen in der vierten Columne zeigen keinen übereinstimmenden Gang; doch ergiebt sich auch hier eine gröfsere Schwankung im Sommer als im Winter.

5. Die in Europa herrschende westliche Abweichung ist *im Sommer geringer als im Winter.* Dreifsigjährige Beobachtungen in Stockholm geben folgende Mittelgröfsen für die einzelnen Monate[2]:

Jan.	15°63′,4	Juli	15°56′,8
Febr.	– 63,8	Aug.	– 57,1
März	– 61,3	Sept.	– 57,3
April	– 60,3	Oct.	– 57,6
Mai	– 57,7	Nov.	– 58,8
Juni	– 56,3	Dec.	– 62,0

Hierbei war die absolute Abweichung im Jahr 1786 = 15°37′; kam 1791 und 1792 auf 16°23′; fiel bis 1803 auf 15°48′; erhob sich 1808 auf 16°20′, und war 1815 = 15°47′. Die jährliche Aenderung ist also hier für nichts zu rechnen.

Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich, dafs die Abwei-

---

1 Ich habe diese aus der Tafel in Hansteens Unters. p. 440 ausgezogen, und wegen der jährlichen Zunahme von 11,3 Min. verbessert.

2 Ich habe diese Mittel aus denjenigen der einzelnen Jahre ausgezogen, welche Hansteen (Unters. T. II. p. 143.) aus den Original-Beobachtungen gegeben hat.

Digitized by Google

chung in den Sommermonaten, und selbst bis zum Spätjahr *unter* dem jährlichen Mittel sich hielt, dafs sie hingegen in der kältern Jahreszeit merklich gröfser war. Das Sommersolstitium bezeichnete den östlichen Stand der Magnetnadel; die Monate Januar und Februar den westlichsten. Wenn man die Curve dieser Aenderungen mit derjenigen der Tem-
Fig. peraturen vergleicht[1], so läfst sich die bemerkenswerthe
23. Uebereinstimmung nicht verbrennen, die besonders für die erstere Hälfte des Jahres statt findet. Allerdings nimmt vom Solstitium an die Abweichung wieder zu, wie Cassini bemerkt hat, welcher in dem rein astronomischen Stande der Sonne dasjenige suchte, was vielleicht in dem Gange der durch sie bewirkten Erwärmung zu finden ist: allein diese Zunahme ist unbedeutend, und wird erst mit dem plötzlichen Eintritt des Winters auffallend.

Nimmt man aus den oben in No. 4. angeführten östlichen und westlichen Digressionen der Nadel nach Cassini's Beobachtungen das arithmetische Mittel, so erhält man folgenden monatlichen Gang der Abweichung:

Jan.	22′,9	April	28′,6	Juli	17′,0	Oct.	23′,4
Febr.	24,3	Mai	25,2	Aug.	17,8	Nov.	21,7
März	26,4	Juni	18,6	Sept.	19,4	Dec.	22,8

Auffallend sind hier die grofsen relativen Zunahmen im April und October, welche jedoch bei einer längern Reihe von Jahren wegfallen dürften. Dagegen sind auch hier die Monate der gröfsten Wärme (vom Junius bis September) diejenigen der geringsten Abweichung. Aus Gilpins Tafeln läfst sich die monatliche Aenderung nicht herleiten, weil er durch Cassini's Bemerkung über den Einfluss der Aequinoctien und Solstitien sich bestimmen liefs, den Weg der unbefangenen Beobachtung zu verlassen, und für die Reihe von Jahren von 1786 bis 1805 nur in den Monaten März, Juni, Juli, September und December die Abweichung zu notiren.

6. Die in No. 4. bemerkte *tägliche Aenderung* ist noch beson-

---

2 Diese ist aus dem graphischen Tableau in G. Wahlenbergs de Vegetatione et Climate in Helvetia Septentr. Turici. 1813. 8. entnommen, und ums Dreifache verkleinert.

Digitized by Google

dern *jährlichen Schwankungen* unterworfen, über deren Ursache wir im Dunkeln sind. Im Jahr 1787 betrug sie, wie oben bemerkt worden, im Sommer 19′,6; im Winter 8′,3. Dagegen fielen diese Aenderungen im Jahr 1798 auf 10′ und auf 2′,7 herab. Ganz die nämlichen Gröfsen fanden noch Beaufoy's Beobachtungen noch im Jahr 1814 statt.

7. Auch die jährliche Fortschreitung zeigt beträchtliche, doch ziemlich regelmäfsige Ungleichheiten; wiewohl auch in dieser gewisse Fluctuationen vorkommen, die, so unerklärlich sie vor der Hand seyn mögen, doch nicht blofs auf Rechnung der Beobachtung zu setzen sind.

8. Die *Zeit des Maximums* der Abweichung, die in Europa auf 2 Uhr N. M. fällt, ist *keineswegs dieselbe in andern Weltgegenden*, und die hierin vorkommende Verschiedenheit läfst sich auf keine Weise durch die Meridiandifferenz der Orte erklären. So ist nach Löwenörn die Nadel auf Island um 8 Uhr Abends am Westlichsten, auf der Westküste von Grönland nach Ginge um 9 bis 10 Uhr Abends, auf St. Helena (im Meridian des westlichen Englands) um 8 Uhr Morgens, auf Sumatra um 5 Uhr Abends. Nach Hood findet in Cumberland - House (53°57′N. und 102°17 W. v. Gr. bei 17° östl. Abw.) die gröfste Variation des Morgens zwischen 8 und 9 Uhr statt, die kleinste um 1 Uhr Nachmittags. Während der Wärme des Tages (im März) war die Nadel fast stationär, dann aber ging sie bis am Morgen wieder nach Osten. Im Fort Enterprise (64°28′N. und 113°6 W. Oestl. Aber 36°24′) war nach Hood das Maximum der östlichen Abweichung um 9 Uhr, und das Minimum um 3 und 4 Uhr Nachmittags.

9. In *nördlichen Gegenden* sind die täglichen Schwankungen *stärker*, als in solchen, die näher beim Aequator liegen. Aus den Beobachtungen von Dürerrey über die täglichen Aenderungen der Magnetnadel in verschiedenen Weltgegenden ergiebt sich nach Arago's Untersuchung, dafs unter dem magnetischen Aequator die tägliche Bewegung Null ist.

Die Erklärung der täglichen Oscillationen der Magnetnadel unterliegt noch grofsen Schwierigkeiten. Canton,

Digitized by Google

indem er sich auf die durch Versuche erwiesene Schwächung der magnetischen Kraft durch die Wärme bezog, nahm an, dafs durch die Sonnenwärme die magnetischen Theile der Erde auf der Ostseite Vormittags von der Sonne früher erwärmt würden, als die in Westen, wodurch also die westliche Anziehung ein relatives Uebergewicht bekäme, und dieses scheint mit der nun nicht mehr zu bezweifelnden Sollicitirung der Magnetnadel in Europa durch einen östlichen und einen westlichen Pol im Allgemeinen übereinzustimmen. Allein wenn die Wirkung der Sonne auf die magnetischen Pole selbst die Ursache ihrer modificirten Anziehungskraft wäre, so müfsten nach angebrachter Meridiandifferenz die Maxima und Minima für alle Orte so ziemlich auf einerlei Zeit fallen, was weder mit den Beobachtungen auf Island und Grönland, noch mit denen in Nordamerica zu vereinigen ist. Wäre hingegen die tägliche Schwankung eine blofse Folge der täglichen Erwärmung eines jeden Ortes, so müfsten ihre zwei Epochen so ziemlich nach der Meridiandifferenz verschieden seyn, was eben so wenig zutrifft. Vielleicht ist es die vereinte Wirkung beider Ursachen, die je nach der relativen Lage eines Ortes zu beiden Magnetpolen, und nach dem Gange seiner täglichen Erwärmung jene Verschiedenheit hervorbringt. Nach Coulomb [1] ist die Sonnenatmosphäre selbst eine magnetische Flüssigkeit, welche auf die magnetische Kraft der Erde durch Vertheilung wirkt, indem sie die auf der Erde zerstreute magnetische Flüssigkeit nach der von der Sonne abgewandten Seite zurückstöfst; die Magnetnadel strebt nun nach den Orten zu, wo diese irdische magnetische Flüssigkeit in Menge aufgehäuft ist. Welcher Vorstellungsart man auch folgen mag, ob man Cantons oder Coulombs Meinung annehmen, oder ob man mit Hansteen eine Einwirkung der magnetischen Axen der Sonne auf diejenigen der Erde voraussetzen, oder aus dem täglichen Gange der meteorologischen Processe, der Bildung und Zersetzung von Elektricität, und namentlich dem Einfluss des Lichtes [2] die Sache herleiten will; immerhin ist

1 Memoires de Mathem. et de Physique présentés à l'Acad. Roy. Paris 1780. T. IX. p. 262.

2 Hansteen Unters. p. 495.

es mehr als wahrscheinlich, daſs wir die Ursache der täglichen Aenderung in irgend einer Eigenschaft, Stellung oder Wirkung der *Sonne* suchen müssen; aber eben so einleuchtend ist es auch, daſs (wie HANSTEEN richtig bemerkt) nicht Beobachtungen in Europa, sondern solche, die in weit von einander abstehenden Oertern, in der südlichen sowohl als nördlichen Halbkugel östlich und westlich von den Magnetpolen, und eben so in ihrem Meridiane, näher und ferner von demselben gemacht werden, uns allein hierüber belehren können[1].

Störung der Magnetnadel durch Nordlichter.

Ungleich bedeutender, als die täglichen Aenderungen sind diejenigen, welche durch das Nordlicht in der Richtung der Magnetnadel hervorgebracht werden. Die Nadel ist während dieser Erscheinung in beständiger Unruhe, bald östlich bald westlich schwankend in einem Intervall von 5 bis 6 Graden; die Bewegungen sind oft so stark, daſs sie in einer einzigen Zeitminute zuweilen einen ganzen Grad durchläuft, und die unordentliche Stellung oder Unruhe der Nadel selbst bei Tage ein sicheres Zeichen eines vorhandenen, wenn auch sehr entfernten, Polarlichtes ist.

Der Erste, der mit Bestimmtheit diese Einwirkung wahrnahm, ist der Schwedische Professor Olof Peter HIOTER in Upsala, welcher den 1. März 1741 bei einem in Süden stehenden Nordlichte eine auffallende Störung der Magnetnadel

---

1 Zur Literatur dienen weiter Hansteens Unters. 8tes Hauptstück. p. 403. 502. Gilberts Ann. d. Ch. T. 29. p. 384 und folg. Memoires sur la déclinaison et les variations de l'aiguille aimantée, observées à l'Observatoire Roy. de Paris depuis 1667 jusqu'à 1791. De l'influence de l'Équinoxe du printems et du solstice d'été sur la marche de l'aiguille p. M. Cassini. Paris 1791. Der Anfang dieser Schrift findet sich im Journ. de Phys. 1792. T. 40. p. 298. 340. und in Grens Journ. d. Phys. T. 7 und 8. eben so in Lichtenbergs Magazin II. N. 4. p. 10.

Philos. Transact. for 1759 und 1806. P. 2. p. 385. 400. Im Auszuge in den Journ. de Physique. T. 65. p. 431. Hoods wenige Beob. finden sich in Gilb. Ann. d. Ph. Bd. 74. p. 51.

John Macdonalds in den Phil. Transact. f. 1796, p. 340 und 1798 p. 397 und Gilb. Ann. Bd. 3. p. 118.

Digitized by Google

beobachtete[1]. Mit einer Bescheidenheit, wie sie nur der uneigennützige Eifer für Wissenschaft eingeben kann, will er, zwar seinem Freunde Celsius die Ehre dieser Entdekkung zuwenden, der ihm Instrumente nebst Anweisung und Gelegenheit zu Beobachtungen und die Mittel zu ihrer Bekanntmachung verschafft hatte. Allein dieser hatte, vielleicht aus gleicher Anspruchlosigkeit von seinen frühern unbestimmten Wahrnehmungen nichts geäufsert, und so ist allerdings Hiorter der Erste, welcher die Störung der Magnetnadel durchs Nordlicht bestimmt und mit Angabe von Zeit und den begleitenden Umständen darlegt. Einen Monat später den 5. April hätte Graham in London dieselbe Entdeckung gemacht, wenn nicht die Tageshelle ihm das Nordlicht verborgen hätte; er bemerkte die unordentliche Bewegung der Nadel, ohne sich davon eine Grund angeben zu können. Von dieser Zeit an hatte man in der hohen Breite von Upsala häufige Gelegenheit, sich von dem Zusammenhang des Magnetismus mit dem Nordlichte zu überzeugen, indem nur vom März bis December 1741 an zwanzig Nordlichter bemerkt wurden. Um die Bedeutsamkeit, Schnelligkeit und zugleich die Regellosigkeit dieser Störungen zu zeigen, setzen wir hier eine Beobachtung Hiorters vom 20. Oct. 1746 her.

Stand der Nadel am 19. Oct. Abends = 15° 17′ W.

am 20. October

Morgens			Abends		
$5^h\ 15'$	—	14° 30′	$5^h\ 54'$	—	14° 0′
5 26	—	14 2½	5 55½	—	15 0
5 34	—	14 25	5 59½	—	16 25
5 38	—	16 5	6 2½	—	15 56
5 41½	—	14 45	6 4½	—	16 19
5 45½	—	14 26	6 7¼	—	15 42
5 48¼	—	16 23	6 11	—	15 30
5 52	—	12 15 NB.	6 21½	—	15 21

Aehnliche Darstellungen von dem Einflusse der Nordlichter finden sich auch im Wargentin's Beobachtungen.

1 Sv. Vetensc. Acad. Handl. 1747 p. 27 und Hansteen Unters. p. 412.

Auch Canton und Wilke überzeugten sich von denselben. Der letztere bemerkt jedoch, daſs zuweilen bei starken Nordlichtern mit Bogen und hellen Flammen die Nadel nicht viel mehr als gewöhnliche Bewegungen gezeigt habe. Dieses war vornehmlich der Fall, wenn die Nordlichtwolke sehr niedrig war, oder der Bogen in der Richtung des magnetischen Meridians gleichmäſsig selbst bis an und über das Zenith emporstieg, und die Flammen sich allenthalben gleich vertheilten. Allein obgleich zuweilen während unaufhörlichen Strahlenschüssen und Blitzen die Nadel nicht aus der gewöhnlichen Richtung wich, so konnte doch einem geübten Beobachter eine Art Unruhe an derselben nicht verborgen bleiben, die auch gemeiniglich bald bei ungleichen Vertheilungen des Nordslichts in gröfsere Veränderungen überging. Erhebungen und Senkungen des Nordendes der Nadel finden ebenfalls bei vielen Nordlichtern statt, wenn nämlich die Richtung ihrer Strahlen von derjenigen der Neigungsnadel abweicht[1]. In den meisten Fällen gehen die Störungen der Nadel den Bewegungen des Nordlichts voran, und die Nordspitze der Nadel scheint dem Nordlichte zu folgen; westlich gehend, wenn es im Westen, östlich, wenn es in Osten brennt[2].

Bemerkenswerth ist die von Wargentin gemachte Erfahrung, daſs nach einem starken Nordlichte die Nadel ihre Reizbarkeit verloren zu haben scheine, so daſs nicht nur die regelmäſsigen Schwankungen geringer ausfallen, sondern sie selbst für ein schwaches Nordlicht unempfindlich geblieben sey[3].

Ob noch andere Lufterscheinungen auf die Magnetnadel Einfluſs haben, läſst sich noch nicht mit Bestimmtheit entscheiden: auf jeden Fall möchte er nicht sehr bedeutend seyn. Dennoch führt Cassini, der, auf Erfahrungen ge-

1 S. *Magnetische Neigung; Nordlicht.*

2 Nach Wargentin und Wilke. Humboldt's Beobachtung Gilb. Ann. Bd. 29. p. 428 scheint diesem zu widersprechen: Ginge hat Beobachtungen für Beides, Das Nordlicht vermehrte die westliche Abweichung, und verminderte sie zuweilen: das Erstere fand mehr des Abends, das Letztere mehr des Morgens statt.

3 Hansteen Unters. p. 420.

stützt, sonst allen Einfluſs der Gewitter, Blitze oder des Sturmes leugnet, einen Fall an (den 25. Juli 1781), wo die Nadel während eines Sturmes sich um 15 Min. änderte. Ost- und Nord-Ostwinde schienen ihm öfter einige Unregelmäſsigkeiten herbeizuführen, auch plötzliche Wetteränderungen schienen den Stand der Nadel zu verändern. Auch Macdonald behauptet, daſs die tägliche Variation während eines Gewitters gröſser sey, als sonst unter gleichen Umständen[1].

Seitdem man durch Hülfe der wissenschaftlichen Zeitschriften öftere und schnellere Gelegenheit hat, meteorologische Wahrnehmungen zur allgemeinen Kunde zu bringen, haben sich schon mehrere Nachrichten von Nordlichtern gefunden, die in England oder andern nördlichen Plätzen waren beobachtet worden, und die fast ohne Ausnahme eine gleichzeitige sichtbare Störung der Magnetnadel in Paris, London und andern Beobachtungsorten, wo das Nordlicht nicht gesehen werden konnte, zur Folge hatten. Z. B. den 31. Oct. 1818 ein Nordlicht in Bishopwearmont in England, den 17. Oct. 1819 eine Lichterscheinung in Newton-Stewart daselbst, verbunden mit einer beträchtlichen Ablenkung der Nadel des Obersten Beaufoy bei London; den 14. Nov. 1820 ein Nordlicht in St. Petersburg, das die Nadel in Paris merklich aus ihrer Stelle brachte; den 13. Febr. 1822 ein Nordlicht bei Invernefs in Schottland, und gleichzeitig eine Störung der Nadel Nachts um 11 Uhr in Paris[2].

Einfluſs der Wärme und Kälte auf die Magnetnadel.

Obwohl die Wärme und Kälte der Luft in den gemäſsigten Klimaten auf die Richtung der Magnetnadel keinen bestimmten Einfluſs auszuüben scheinen, so sind sie denn doch wegen ihres genauen Zusammenhanges mit Feuchtigkeit und Trockenheit der Luft einer genauern Berücksichtigung würdig, um so mehr, da in der Nähe eines der magnetischen Pole, wo die directive Kraft der Nadel gering ist, ihr Ein-

1 Gilb. Ann. Bd. 3. p. 121.

2 Siehe: Ann. de Chim. T. 9, 15, 21.

fluſs auf die letztere, auf eine unverkennbare Weise durch die Erfahrung dargethan ist.

Schon Lucas Fox[1], der im J. 1631 nach der Hudsonsbay segelte, bemerkte daselbst, daſs die Compaſsnadeln ihre Kraft verloren. Er schrieb es der Windstille, der geringen Bewegung des Schiffes, den nahe gelegenen Bergen, und endlich der *Kälte* und der *scharfen Luft* zwischen der Nadel und ihrer anziehenden Spitze zu, die ihre Richtung schwäche. Christ. Middleton[2], der im J. 1731 die nämlichen Gewässer befuhr, fand, daſs man daselbst den Compaſs durch Schüttteln beständig in Bewegung halten muſste, um ihn gehen zu machen, „weil die Gegenwart irgend „welcher magnetischer Theile in der Luft, oder irgend eine „andere Beschaffenheit ihn daran hindern.“ Heinr. Ellis[3] auf seiner Reise in den Jahren 1746 und 1747 bestätigte jene Bemerkung und zeigte, daſs die Unempfindlichkeit der Compasse weder von der Nähe des magnetischen Poles, noch von der Anziehung der Berge, sondern von der Kälte herrühre. Ganz dieselbe Schwächung der magnetischen Richtungsfähigkeit erfuhr Ross auf seiner Reise nach der Baffinsbay im J. 1818. Besonders nachtheilig wirkte regnerische feuchte Witterung[4]. Die Feuchtigkeit schien die Abweichung bedeutend zu *vermehren*. Auch Hansteen bemerkt[5], daſs nach seinen Erfahrungen in Christiania die regsamsten Nadeln im kalten Zimmer lässiger sind, als in Zimmern von 12 bis 15 Grad Wärme; daſs der nämliche Compaſs im Sommer die Abweichung um etwa einen halben Grad gröſser zeigt, als im Winter in einem kalten Zimmer; daſs je kälter dieses war, desto tiefer das Nordende unter die Horizontal-Ebene sich senkte, so daſs er genöthigt war, durch ein Stückchen Papier von $\frac{1}{2}$

1 Forster, Gesch. d. Entdeck. und Schiffahrten im hohen Norden. 1784. 8. p. 417.

2 Hansteen Unters. I. p. 379.

3 Henry Ellis Voy. à la baie de Hudson. Leyde. 1750. 8. p. 279. 288.

4 Ross, Voy. to the Baffinsbay. London. 1819. 4. im Appendix. pag. XIV, XVII, und XXIX.

5 Unters. p. 468.

Gran Schwere, das er als Laufgewicht hin und her schob, je nach der Temperatur des Zimmers die horizontale Lage der Nadel zu erhalten.

Nach so unzweideutigen Zeugnissen ist es wohl unmöglich, den Einfluſs der Kälte und Feuchtigkeit auf die Magnetnadel in Zweifel zu ziehen, und der neuere Versuch eines ungenannten Englischen Physikers[1] kann, als unter andern Umständen gemacht, keineswegs als Beweis von der Wirkungslosigkeit der Kälte gelten. Nicht den Magnetismus der Nadel, sondern denjenigen der Erde, oder der umgebenden Luft müfste man auf eine bedeutende Strecke umher zerstören können, wenn der Versuch dem, was jene Seefahrer wahrnahmen, einigermafsen ähnlich seyn sollte. Am auffallendsten jedoch wird der Einfluſs der Kälte und Feuchtigkeit bestätigt gerade durch das Gegenmittel, dessen sich Ellis sowohl als Ross bedienten, nämlich den Compafs *warm* zu halten. Der Letztere errichtete sogar ein neues Compafshäuschen (binnacle) auf dem Verdeck, welchem durch ein Rohr warme Luft zugeleitet wurde[2].

Aber *wie* wirken Feuchtigkeit und Kälte auf die Compafsnadel? Wohl nicht durch die unmittelbare Erkältung der Nadel selbst, wie uns eben der erwähnte Versuch des Ungenannten belehrt; auch nicht durch das Gefrieren der Dünste an der Gnomonspitze; denn sonst wäre auch in andern Ländern und Meeren des Nordens diese Erscheinung bemerkt worden; eben so wenig (wie ein neuerer Schriftsteller voraussetzt) durch Verdichtung des Oeles an der Spitze; denn eine zähe Substanz dieser Art darf und soll nie an derselben vorhanden seyn. Weit eher dürfte nach

---

1 Aus dem Quarterly Rewiew in den Ann. de Chim. XXI. p. 459. Man umwickelte eine Magnetnadel mit Zeug, das mit Schwefel-Alcohol befeuchtet war, und setzte sie auf ihrer Spitze schwebend unter den Recipienten der Luftpumpe. Als durch schnelles Auspumpen die innere Temperatur bis unter den Eispunct (wie viel?) erkältet war, fand sich, dafs die Nadel der Wirkung des Eisens und Magnets wie gewöhnlich gehorchte. Als später der Recipient bis 27 Centigrade erwärmt wurde, zeigte die Nadel dieselbe Empfindlichkeit wie vorher. Nun waren die Schwingungen ein wenig schneller. (Ihre Zahl wird nicht angegeben.)

2 Ross Voy. Appendix. p. XV.

Digitized by Google

unserm Dafürhalten die Ursache dieser Erscheinung in der Beschaffenheit der umgebenden Luft selbst zu suchen seyn. Die neuern Entdeckungen über den Elektromagnetismus haben gezeigt, dafs eine geringe Ungleichheit der Erwärmung oder Erkältung eines Metalles fähig ist, das elektrische Gleichgewicht der dasselbe berührenden feuchten Luft zu stören: sollte es nicht eine Temperatur geben, bei welcher wegen des Uebermafses von Feuchtigkeit jener täglich vor unsern Augen, obwohl ungesehen, vor sich gehende Zersetzungs- und Auflösungsprocefs von Wasser und Luft, und mit ihm die Elektricitätsentwicklung aufhören müfste, oder doch irgend eine besondere Modification erlitte, dessen Daseyn uns ganz unbekannt bliebe, wenn nicht die Magnetnadel, dieses so empfindliche Werkzeug, ihn uns verriethe?

Wie dem auch sey, so erhält diese an sich geringfügige, wenig beachtete, von Vielen bezweifelte Erfahrung gerade dadurch einen Werth, dafs sie eine neue Seite des in so mancherlei Eigenthümlichkeiten sich darstellenden terrestrischen Magnetismus dem Beobachter vorhält, und, indem sie durch die Vermehrung der Erscheinungen die Schwierigkeit einer Erklärung zu vergröfsern scheint, es ihm unmöglich macht, auf einseitige, mithin unangemessene Erklärungsgründe zu verfallen. *H.*

Abweichung, optische.

Abirrung bei Gläsern und Spiegeln; *Aberratio lentium et speculorum;* Aberration des verres et des miroirs; *Aberration.* Wenn die Lichtstrahlen durch Linsengläser gebrochen oder durch Hohlspiegel zurückgeworfen werden, so sollten eigentlich, um den Zweck zu erreichen, den man zu erreichen beabsichtigt, die Strahlen, die von *einem* Puncte ausgehn, auch wieder in *einem* Puncte vereinigt werden; aber dieses ist nicht völlig genau der Fall und die Abweichung der Strahlen von jenem *einen* Puncte ist es eben, wovon hier die Rede ist.

Abweichung bei parabolischen Spiegeln.

Obgleich der Hohlspiegel, dessen sämmtliche, durch die Axe gehende, Schnitte gleiche Parabeln sind, die mit der Axe parallel

Digitized by Google

einfallenden Strahlen genau in einem einzigen Puncte vereinigt, so findet doch auch bei ihm dieses nicht strenge statt, sobald die unter sich parallelen Strahlen von einem nicht genau in der Axe liegenden Puncte ausgehen. Da wir nun aber doch in unsern Teleskopen nicht ganz allein den in der Axe liegenden Punct betrachten, so entsteht bei Spiegelteleskopen, selbst wenn sie parabolische Spiegel haben, für die etwas entfernt von der Axe liegenden Puncte einige Abirrung der Strahlen, die aber ungemein geringe ist[1].

Abweichung bei sphärischen Hohlspiegeln. *Aberratio, quae ex figura sphaerica oritur;* Aberration de Sphéricité des miroirs; *Spherical Aberration.* Bei ihnen vereinigen sich selbst die mit der Axe parallel einfallenden Strahlen nicht genau in einem Puncte, und eben so wenig die, welche von einem nähern Puncte der Axe divergirend einfallen. Aber wenn es gleich an dieser vollkommenen Vereinigung in einem Puncte fehlt, so ist doch für Strahlen, die auf das die Axe zunächst umgebende Stück der hohlen Kugelfläche fallen, die Abweichung so geringe, dafs man es bei Fernröhren, die keine sehr starke Vergröfserung gestatten, unbeachtet lassen kann; eben defshalb aber zu Hohlspiegeln in Teleskopen, wenn sie sphärisch seyn sollen, nur geringe Oeffnungen anwenden, oder die Strahlen nur auf die sehr nahe an der Axe liegenden Puncte auffallen lassen darf. Wie viel diese Abweichung beträgt, findet man, wenn man für den gegen den Rand des Spiegels hin auffallenden Strahl die Lage des zurückgeworfenen Strahles berechnet; da man nämlich den Ort des Bildes oder des Punctes kennt, wo die um die Mitte des Spiegels auffallenden Strahlen sich vereinigen, so ergiebt sich, erstlich, wie weit hiervon entfernt jene Randstrahlen in die Axe einschneiden, und dieses heifst die *Abweichung nach der Länge),* und zweitens, wie weit sie neben jenem

---

1 Vergl. Art. *Hohlspiegel.* No. 3.

Fischers Meinung, dafs sie erheblicher sey, als bei sphärischen Spiegeln, beruht auf einer unrichtigen Vergleichung. Bode's Jahrbuch. für 1808. S. 136.

Digitized by Google

Bilde von der Axe entfernt sind, (welches *die Seiten - Abweichung* heifst).

Bei nicht zu grofser Breite des Spiegels ist jene dem Quadrate, diese dem Cubus des Bogens proportional, der die Breite des Spiegels ausdrückt[1].

Abweichung wegen der Gestalt der Linsengläser.

Aberratio ob sphaericitatem lentium s. *quae ex figura sphaerica oritur;* Aberration de sphéricité. *Spherical Aberration.* Wenn ein durchsichtiger Körper von einer Kugelfläche begrenzt wird, so werden die auf ihn fallenden Lichtstrahlen bekanntlich gebrochen, indem sie in ihn eindringen. Stellt AC die durch den leuchtenden Punct A und den Mittelpunct C der Kugelfläche gezogene gerade Linie vor, so werden zwar die zunächst bei B einfallenden Strahlen in einen Punct Q vereiniget, aber für die entferntern findet dieses nicht mehr statt, sondern sie gehen an dem Puncte Q um so weiter vorbei, je gröfser der Bogen BD $= \varphi$ ist, und zwar ist die Längen-Abweichung dem Quadrate von Sin. φ sehr nahe proportional[2]. Fig. 24.

Man kann diese Abweichung wegen der Gestalt gänzlich aufheben, wenn man mehrere Linsengläser verbindet. Bei einem einzelnen Glase läfst sie sich nicht ganz aufheben, sondern wird ungefähr so klein als möglich, wenn der Radius der Hinterfläche 6 bis 7 mal so grofs als der Radius der Vorderfläche ist, und beide convex oder beide concav sind. Setzt man aber zwei dünne Linsen sich berührend zusammen, so lassen sich Verhältnisse der Radien angeben, bei denen die Abweichung ganz wegfällt und die Vergröfserung möglichst stark bleibt. Herschel[3] giebt Formeln und Beispiele für diese Rechnung.

Die durch diese Mittel erhaltene gänzliche Zerstörung der Abweichung wegen der Gestalt ist besonders dann von

---

1 Vergl. Art. *Hohlspiegel.* No. 3.

2 Die Formel für diese Abweichung ist im Art. *Linsengläser* No. 9 abgeleitet.

3 Der jüngere Herschel in Philos. Transact. for 1821. p. 246; aus dessen Abh. ich diese Resultate entlehne.

Digitized by Google

Wichtigkeit, wenn man das Objectiv eines Fernrohrs oder den Spiegel eines Spiegelteleskopes prüfen will. Ist nämlich das dabei angewandte Augenglas selbst nicht frei von den Fehlern der sphärischen Abweichung, so kann auch jene Prüfung nicht als ganz entscheidend angesehen werden.

Abweichung wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Farbenstrahlen.

Aberratio ob diversam refrangibilitatem lucis; Aberration de réfrangibilité; *Chromatic Aberration.* Die bisher betrachtete Abweichung rührte ganz von der Gestalt der Linsengläser her; aber eine weit gröfsere und nachtheiligere Abweichung entsteht bei der Brechung durch die ungleiche Brechbarkeit der verschiedenfarbigen Strahlen. Es ist nämlich leicht zu zeigen[1], dafs die Brennweite eines Glases $= \frac{\frac{n}{m} r \cdot \varrho}{(1-\frac{n}{m})(r+\varrho)}$ ist, für ein convex-convexes Glas, dessen beide Oberflächen die Radien r, ϱ haben; da nun das Brechungsverhältnifs $\frac{n}{m}$ ein anderes ist für rothe als für violette Strahlen, so ist dieser Brennpunct nicht ein einziger für verschiedene Farbenstrahlen, und die von *einem* Puncte ausgehenden Strahlen werden nur dann durch ein convexes Glas in einen Punct gesammelt, wenn sie einfarbig sind. Andere Strahlen dagegen, z. B. die Sonnenstrahlen, werden in B einen Vereinigungspunct der blauen und violetten Strahlen, dem Glase am nächsten, in R einen Vereinigungspunct der rothen Strahlen sehr bedeutend weiter entfernt vom Glase geben. Die von B wieder aus einander fahrenden blauen Strahlen werden also in der Nähe von R vorbei gehen, und statt dafs in R ein einziger Punct das genaue Bild des leuchtenden Punctes darstellen sollte, so ist hier vorzüglich blaues und violettes Licht auf einem Kreise von bedeutender Gröfse vertheilt. Eben so verhält es sich in B in Hinsicht auf das rothe Licht, und nirgends erhält man ein ganz reines Bild. Hieraus läfst sich auch übersee-

Fig. 25.

1 Vergl. Art. *Bild, Brennpunct, Linsengläser.* No. 5.

hen, warum der helle Kreis, den ein Brennglas darstellt, wenn man das Sonnenbild zu nahe am Glase auffängt, mit einem rothen Rande umgeben ist. Hält man nämlich ein Papier zwischen B und C, so empfängt dieses innerhalb des Kegels, dessen Spitze B ist, Strahlen von allen Farben, die also weifs (ein wenig bläulich) geben, aber um diesen Kegel herum treffen nur die grünen, gelben, rothen Strahlen das Papier und die rothen machen den Rand aus. Hält man dagegen das Papier entfernter als R vom Glase, so empfängt es wieder innerhalb des Kegels, dessen Spitze R ist, Strahlen von allen Farben, und das Bild ist weifs, aber um diesen weifsen Kreifs fallen noch gelbe, grüne, blaue Farbenstrahlen, die, weil das Blau am Rande ganz von aller andern Beimischung frei ist, einen blauen Rand darstellen. Wie viel diese Abweichung beträgt, läfs sich leicht aus der obigen Formel übersehen. Nimmt man nämlich mit FRAUENHOFER für Flintglas $\frac{m}{n} = 1{,}63$ für die rothen Strahlen, und $= 1{,}65$ für die violetten Strahlen an, so ist für

jene die Brennweite $= 1{,}587 . \frac{r\varrho}{r+\varrho}$,

für diese aber $= 1{,}538 . \frac{r\varrho}{r+\varrho}$,

also um $\frac{1}{31}r$ verschieden, selbst für Strahlen, die ganz um die Mitte einfallen. Diese Abweichung ist viel gröfser, als die aus der sphärischen Figur entspringende, und da Newton einsah, dafs diese nicht durch künstlicher geformte Gläser zu heben sey, so empfahl er das Spiegelteleskop, bei dem sie nicht statt findet. Wie sie durch zusammengesetzte Objectivgläser, die aus Glasarten von ungleicher Farbenzerstreuung zusammengesetzt sind, gehoben werden kann, davon s. Art. *Linsengläser*, wo von zusammengesetzten und achromatischen Linsengläsern gehandelt wird. *B.*

Abweichungskreis.

Circulus declinationis; Cercle de declinaison; *Circle of declination.* Derjenige Kreis, auf welchem die Abweichung eines Gestirnes gemessen wird, ist ein durch beide Pole des Aequators gehender, also auf den Aequator senkrechter, gröfsester Kreis[1], und heifst der Abweichungs-

1 S. *Abweichung*, astronomische.

kreis. Alle durch die beiden Pole gehende gröfseste Kreise sind also Abweichungskreise. Indem die Himmelskugel sich uns zu drehen scheint, rücken diese Abweichungskreise nach und nach durch den Meridian, und dieser fällt immer mit irgend einem Declinationskreise zusammen. Denkt man sich durch beide Pole einen Kreis gezogen, in welchem sich alle Sterne befinden, die vor einer Stunde in einerlei Augenblick den Meridian erreichten, so fällt auch dieser erste Stundenkreis und so jeder Stundenkreis mit irgend einem Abweichungskreise zusammen. Die Abweichungskreise rükken nach und nach mit der sich drehenden Himmelskugel ebenso durch die Stundenkreise, wie sie durch den Meridian rücken. *B.*

Adhaesion.

Anhängung; *adhaesio;* Adhésion, Adhérence; *Adhesion or Adherence.* Seit den gehaltreichen Untersuchungen von Guyton Morveau über die Erscheinungen der Cohäsion, Adhäsion und chemischen Verwandtschaft versteht man fast ganz allgemein unter Adhäsion das Bestreben nach Zusammenhang bei ungleichen Körpern, unter Cohäsion aber die Anziehung gleichartiger Körper. Es ist indefs unter dem Artikel Anziehung, unter welchen alle diese Erscheinungen ihrem Wesen nach gehören, der Sprachgebrauch dahin festgesetzt, dafs Cohäsion den Zusammenhang der Theile fester oder starrer Körper im Zustande ihrer innigen Verbindung, oder wenn sie ein Ganzes bilden, bezeichnet Adhäsion dagegen das Anhängen der Körper an einander, sowohl der festen, wenn ihre getrennten Theile oder Massen im eigentlichen Sinne des Wortes blofs an einander hängen, als auch der flüssigen und gasförmigen, in sofern ihre einzelnen Theile unter sich aneinander hängen, oder durch feste Körper festgehalten werden, oder wenn die gasförmigen Flüssigkeiten sich mit den tropfbaren verbinden; ohne dafs man die Ungleichartigkeit derselben als nothwendige Bedingung des Ausdrucks der Adhäsion anzusehen hat[1].

1 Diesen Sprachgebrauch befolgen die meisten Engländer. S. Hutton Dict. I. 50. Eine definitive Feststelltung der Begriffe ist sehr wich-

Digitized by Google

Die Gründe für diese Bestimmung der Ausdrücke *Cohäsion* und *Adhäsion* liegen zuerst im Sprachgebrauche und der eigentlichen Wortbedeutung, indem das Wort *cohaesio* einen eigentlichen innigen Zusammenhang bezeichnet, wie er bei Holzstangen, Drähten u. dgl. statt findet, *adhaesio* aber nur ein Anhängen, mit Verschiebbarkeit verbunden, wie die Theile der Flüssigkeiten unter sich und gegen feste Körper zeigen. Aufserdem aber kann man nur auf diese Weise gleichartige Erscheinungen vereinigen, ohne sich in solche Schwierigkeiten zu verwickeln, als der entgegengesetzte Sprachgebrauch nothwendig herbeiführen mufs. Bringt man nämlich zwei Platten eines gleichartigen Metalles an einander, so werden diese allerdings adhäriren, und die Stärke der Adhäsion zeigen. Sollte dieses aber Cohäsion seyn, so müfste man vermittelst derselben die Stärke der Cohäsion des Metalles messen können, welches den angenommenen Grundsätzen widerstreitet. Wenn man dagegen ungleiche Körper verbindet, z. B. eine Stange Kupfer an eine andere von Messing oder Silber löthet oder schmelzt, so dafs sie einen gemeinsamen festen Körper bilden; so müfste das zum Zerreifsen erforderliche Gewicht die Stärke der Adhäsion messen. Auf der andern Seite dagegen würde man die Stärke der Cohäsion zu überwinden haben, wenn man Eis über Eis, Stahl über Stahl u. s. w. hingleiten liefse, der Adhäsion dagegen, wenn die über einander geschobenen Körper ungleichartig wären, was offenbar gegen den Sprachgebrauch, und man kann wohl sagen, gegen eine systematische Anordnung der Begriffe ist. Gösse man endlich eiskaltes Wasser auf Eis, so würde ein gleiches Gesetz der Cohäsion unter den Theilen des Wassers unter einander, gegen das Eis, und der Theile des Eises unter sich anzunehmen seyn, ohne dafs sich ein wissenschaftlicher Grund des grofsen Unterschiedes der Stärke des Zusammenhanges nachweisen liefse. Eben so wäre der höchst ungleiche Grad des Zusammenhanges des erhärteten Leimes, Lothes, Mörtels u. s. w. und des noch flüssigen kaum unter ein allgemeines

tig, um das Schwankende und Unbestimmte zu beseitigen, welches man beim Gebrauche dieser beiden Worte überall findet.

Digitized by Google

Gesetz zu bringen. Bringt man zwei mischbare Flüssigkeiten, z. B. Wasser und Wein über einander; so würde an der Grenze beider Adhäsion statt finden, bei allmäliger Mischung aber schwer bestimmbar seyn, wann die Adhäsion in Cohäsion übergegangen sey; noch schwieriger aber dürfte es seyn, das Anhängen einer Schicht von irgend einer Flüssigkeit an einem festen Körper zu erklären, indem zwischen beiden verschiedenen Körpern zwar Adhäsion statt fände, zum Abfliefsen des Ueberschusses aber eine Ueberwindung der Cohäsion der gleichartigen Theile des flüssigen erforderlich wäre, ohne dafs sich nachweisen liefse, warum die Ueberwindung der Cohäsion nicht unmittelbar bei der unendlich dünnen, dem festen Körper anhängenden, Schicht statt findet, sondern allezeit eine bestimmte Quantität hängen bleibt. Es ist somit unleugbar besser, den Begriff der Cohäsion blofs auf starre Körper und den Zusammenhang ihrer Theile unter einander zu beziehen, wodurch eine grofse Reihe durchaus ähnlicher Erscheinungen der genauen Wortbedeutung nach vereinigt wird. Man könnte hiergegen einwenden, dafs sich oft nicht genau bestimmen läfst, wann ein Körper starr oder fest genannt werden mufs, und dafs daher namentlich bei Metallen, beim Lothe, Leim, Mörtel u. s. w. nicht allezeit genau angegeben werden könne, ob Cohäsion oder Adhäsion die Ursache des Zusammenhanges sey. Allein dieser Vorwurf trifft nicht sowohl die Bedeutung des Wortes Cohäsion, als vielmehr die Unbestimmtheit der Worte Festigkeit, Härte und Starrheit, welche indefs blofs bei der ursprünglichen Feststellung der Begriffe, keineswegs aber in der Anwendung von irgend einem bedeutenden Einflusse ist. Im Grunde ist selbst die genaue Feststellung der Bedeutung dieser beiden Worte, Adhäsion und Cohäsion, blofs der Consequenz in der Demonstration und des bestimmten Verständnisses wegen von einiger Wichtigkeit, keineswegs aber in Rücksicht auf die Natur und ihre Gesetze, indem die unter beide gehörigen Erscheinungen sämmtlich auf der gemeinsamen Naturkraft der Attraction beruhen.

Wegen der Allgemeinheit der Attraction oder Anziehung alles Materiellen unter sich mufs sonach Adhäsion zuerst

Digitized by Google

zwischen festen gleichartigen und ungleichartigen Körpern statt finden. Indem aber die Adhäsion eine Folge der genauen Berührung der einzelnen Theile der Körper ist, so mufs sie um soviel stärker seyn, je gröfser die berührenden Flächen und je ebener sie sind, welches Gesetz in der Mechanik allgemein angenommen wird. Dafs die Adhäsion übrigens nie eine gleiche Stärke als die Cohäsion zeigt, folgt wohl ohne Zweifel aus einer nicht absoluten Politur der berührenden Flächen und aus den unvermeidlich zwischen ihnen befindlichen Partikeln heterogener Körper und einer sehr dünnen Luftschicht, wenn man keine abstofsende Kraft anzunehmen geneigt ist[1].

Man pflegt die Adhäsion zwischen festen Körpern anschaulich zu machen durch eben geschliffene Platten von Metall, Glas, Marmor u. s. w., welche oft auch Cohäsionsplatten genannt werden. Solche sind sie allerdings dann, wenn man sie vermittelst eines erhärtenden Bindemittels, wohin allenfalls auch erstarrtes Talg gehört, wie Musschenbroek, vereinigt, und diese gehören also nicht hierher. Indefs zeigen sie, auch ohne Bindemittel vereinigt, eine beträchtliche Stärke des Zusammenhanges, selbst im luftleeren Raume[2]. Nimmt man zu den Adhäsionsplatten weiche Körper, wozu sich vorzüglich das Blei eignet, so ist die Erscheinung nicht rein, indem die sich am genauesten berührenden Theile eine wahre und eigentliche Vereinigung eingehen, wodurch die Erscheinung ihres Zusammenhängens zugleich unter die Cohäsion gehört. Hieraus ist es erklärlich, dafs Martin[3] zwei Bleicylinder, von $\frac{1}{3\,1\,0}$ Quad. Z. Queerschnitt mit einem Federmesser sehr eben schabte, dann stark zusammenpreſste, und mit diesen ein Gewicht von 130 Pfd. hob. Ob die Temperatur auf die Stärke der Adhäsion fester Körper einen Einfluſs habe, kann nur mit grofser Mühe ausgemittelt werden, und sind darüber noch keine entscheidende Versuche bekannt.

---

1 S. *Abstofsung.*

2 Huygens in Phil. Tr. N. 86. Newton Opt. qu. XXXI. p. 316. ed. Clarke. Emmet in Ann. of Phil. N. S. III. 426.

3 Philosoph. Brit. vol. I.

Digitized by Google

Hiernach sind also die Resultate derjenigen Versuche nicht als rein anzusehen, welche man mit polirten Metallplatten anstellt, indem man sie mit einem Bindemittel, als Wasser, Oel, Unschlit, oder einer sonstigen klebrigen Substanz überzieht, dann über einander schiebt, und die zum Losreifsen erforderliche Kraft nach dem Gewichte bestimmt. Wenn nämlich das Bindemittel erstarret, und als starrer Körper zerrissen werden mufs; so würde das Phänomen zur Cohäsion gehören. In der Regel ist dieses aber nicht der Fall, indem man die Platten meistens nur mit einem Tropfen Oel zu überziehen pflegt, wonach aber eigentlicher die Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten an festen Körpern, als der letztern unter einander in Betrachtung kommt, weil bei der Untersuchung der Adhäsion fester Körper diese ohne alles Bindemittel vereinigt werden müssen. Dennoch aber mögen sie hier historisch erwähnt werden, da sie auf allen Fall nicht zur Cohäsion zu rechnen sind. Bei der Bestimmung der zum Losreifsen derselben erforderlichen Kraft mufs indefs die Stärke des Luftdruckes zugleich berücksichtigt werden. Die bekanntesten Versuche dieser Art sind diejenigen, welche Muschenbrock[1] mit Platten von 1,916 Z. rheinl. Durchmesser anstellte, indem er sie erwärmte, mit Unschlit bestrich, dann erkalten liefs, und durch Gewichte losrifs. Es wurden hierzu erfordert in Pfunden

Platten von	Gewichte.	Luftdruck.	Adhäsion.
Glas	— 130	— 41	— 89
Messing	— 150	— 41	— 109
Kupfer	— 200	— 41	— 159
Silber	— 125	— 41	— 84
gehärteter Stahl	225	— 41	— 184
weichem Eisen	— 300	— 41	— 259
Zinn	— 100	— 41	— 59
Blei	— 275	— 41	— 234
Wismuth	— 100	— 41	— 59

1 Institutiones physicae conscriptae in usus academicos a P. v. Muschenbrock. L. B. 1748. gr. 8. p. 287. Noch mehrere dort erzählte, etwas abgeänderte Versuche scheinen uns zur Erwähnung nicht wichtig genug. Vergl. P. v. Muschenbrock Introductio ad cohaerentiam corporum firmorum; in Dissertationibus physicis. L. B. 1727. p. 423.

Digitized by Google

Platten von	Gewichte.	Luftdruck	Adhäsion.
Zink	— 150	— 41	— 109
weifs. Marmor	225	— 41	— 184
schwarz. Marmor	230	— 41	— 189
Elfenbein	— 108	— 41	— 67

Unter die Erscheinungen der Adhäsion fester Körper an einander darf mit gröfserem Rechte gezählt werden, dafs die kleinen Partikeln aller Körper als Staub sich an lothrechte Wände oder unter den Decken der Zimmer anhängen, ohne vermöge ihres Gewichtes herabzufallen. Das Anhängen derselben ist so viel stärker, je kleiner die Theilchen sind, weswegen der feinste Staub sich am dicksten und stärksten anlegt. Legen sich solche auf der Oberfläche des Glases, vorzüglich des schlechten Fensterglases an, und werden sie hier, insbesondere durch den verbundenen Einfluss einiger Feuchtigkeit und der Sonnenhitze fest, so entsteht ein dünner, das Glas verblindender, aber sehr schöne *Farben spielender Ueberzug*, welcher durch keine bekannte Mittel des Reinigens weggeschafft, wohl aber durch Reinhalten der Fenster und Vermeidung des Benetzens im Sonnenschein verhütet wird. Objectivgläser der Fernröhre und Spiegel erhalten hierdurch dünnere, bei den ersteren zuweilen dendritische Ueberzüge, welche man am besten durch Abreiben mit reiner, in Kalkwasser getauchter und getrockneter Leinwand verhütet. Man kann die schönen Farben künstlich nachmachen, wenn man Metallsolutionen, namentlich salpetersaures Silber auf Glase durch Kupfer niederschlägt, leise abspült, und dann durch die Sonnenstrahlen einbrennen läfst.

Ob folgendes Phänomen zur Adhäsion oder Cohäsion gehöre, ist zwar schwer zu entscheiden, indefs beweiset es auf allen Fall die Geneigtheit fester Körper, sich zu verbinden. Um Stahl zu vergolden, wird die Fläche eben geschabt, (nicht eigentlich polirt, damit kein Ueberzug von Fett bleibt, und die Metallflächen sich genauer berühren können) dann ein Blättchen Gold (oder Silber) darauf gelegt, ein Punzen aufgesetzt, und gegen diesen ein starker Schlag mit einem schweren Hammer geführt. Hierdurch

Digitized by Google

wird das Gold so fest, dafs es sich nicht wegwischen, und durch gewöhnliches Reiben nicht wegbringen läfst[1].

Der Erfahrung nach kann man ferner als gemeines Gesetz aufstellen, dafs alle tropfbare Flüssigkeiten allen festen Körpern mit einer Kraft anhängen, welche dem Unterschiede der Anziehung ihrer Theile zu einander und zu den festen Körpern proportional ist[2]. Ist die Anziehung der Theile einer Flüssigkeit unter sich stärker als gegen feste Körper, so werden sie sich zu runden Kugeln vereinigen, z. B. Quecksilber auf Glase, Wasser auf Bärlapsaamen (semen lycopodii), die Thautropfen auf den Blättern u. dgl. m. Die absolute Stärke der Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten zu festen Körpern ist sehr grofs, läfst sich aber deswegen nicht genau messen, weil die einzelnen Theile derselben über einander hingleiten, und hierdurch aus der Sphäre der stärkeren Anziehung gerückt werden. Indefs überzeugt man sich von der bedeutenden Kraft der Anziehung, welche die Bestandtheile der Flüssigkeiten unter und gegen einander ausüben, und hierdurch zugleich von der Kraft der Adhäsion an feste Körper durch einen interessanten Versuch. Wenn man auf eine ebene Spiegelscheibe eine Menge Quecksilberkügelchen von möglichst gleicher Gröfse bringt, eine andere ebene Spiegelscheibe darauf legt, und diese mit Gewichten beschwert, so werden die Kügelchen stets platter werden. Nimmt man aber von den Gewichten weg, so nehmen die platten Kügelchen allmälig ihre runde Gestalt mit Ueberwindung des mechanischen Widerstandes wieder an[3]. Diese Kraft der Anziehung der einzelnen Bestandtheile mufs aber durch die Stärke der Anziehung zu denjenigen Körpern überwunden werden, welche sie benetzen. Wenn daher gewisse feste Körper durch gewisse tropfbare Flüssigkeiten nicht benetzt werden, z. B. Fett durch Wasser, Eisen durch Quecksilber u. s. w.; so folgt hieraus blofs eine überwiegende Stärke der Anziehung der einzelnen Theile dieser Flüssigkeiten gegen einander, welche die Anziehung zu den festen Körpern scheinbar völlig aufhebt,

1 Robison Mech. Phil. I. 233.
2 Young in Phil. Tr. 1805. I. 84.
3 Robison System of Mech. Phil. I. 235.

Digitized by Google

und kann also bei diesen Erscheinungen von einer abstofsenden Kraft keine Rede seyn. Hiervon überzeugt man sich bald durch eben so einfache als leichte Versuche. Gemeiner Flor z. B. wird durch Quecksilber nicht benetzt, oder es findet keine Adhäsion zwischen beiden statt. Man kann daher das letztere in ersterem tragen, und zugleich wahrnehmen, dafs kleine Halbkugeln des Metalles durch die Zwischenräume des Flores dringen, wegen der Adhäsion ihrer Theile unter einander aber nicht herabfallen, auch auf Glase oder Porcellan nicht zerfliefsen, wohl aber auf einer Quecksilberfläche, oder auf anderm gereinigten Metalle, wogegen das Quecksilber Anziehung äufsert. Eben so kann man Leinen mit Hexenmehl bestreuen, und dann Wasser darin tragen. Obgleich ferner Quecksilber das Glas nicht benetzt, folglich scheinbar ihm nicht anhängt, so werden dennoch kleine Kügelchen desselben, welche man auf eine reine und trockne Glasscheibe wirft, selbst dann nicht herabgleiten oder herabfallen, wenn man dieselbe umkehrt, so dafs also das ganze Gewicht der Quecksilberkügelchen durch die Stärke der Adhäsion zum Glase überwunden wird. Weder Zinnfolie, noch Quecksilber hängen einzeln am Glase fest. Wenn man aber Zinnfolie mit Quecksilber benetzt, mit einem Hasenlaufe, oder blos mit dem Finger, reibt und auf diese Weise eine Amalgamirung bewirkt, dann Fliefspapier darauf legt, und über dieses eine reine und trockne Spiegelplatte, dann durch langsames Wegziehen des Papiers den Schmutz vom Quecksilber entfernt und die Glasscheibe fest andrückt, so hängt das Amalgam am Glase fest und bildet die *Folie des Spiegels.*

Manche aus dem Gesetze der Adhäsion folgende Erscheinungen, als namentlich des kalten *Versilberns* und *Vergoldens* gehören zwar eigentlicher zur Technologie, es mögen aber folgende, bei der Verfertigung physikalischer Apparate oft anwendbare Verfahrungsarten hier kurz erwähnt werden. Um Messing, Tomback, vorzüglich Kupfer und Silber leicht und schön, obgleich minder dauerhaft zu vergolden, bereitet man eine Auflösung von reinem Golde in

1 Joh. T. Mayer bei Gren J. VII. 208.

Königswasser, und dampft sie zur Fortschaffung der freien Säure so lange ab, bis sie krystallisirt. Den Rückstand verdünnt man mit dem acht bis zehnfachen reinen Wassers, und tränkt hiermit feine Leinwand so, dafs die gesammte Flüssigkeit aufgesogen, aber auch alle Leinwand völlig getränkt ist. Man läfst sie dann trocknen, und verbrennt sie in einem Tiegel zu Asche. Will man ein vorher sorgfältig gereinigtes und polirtes Metall vergolden, so taucht man einen Kork in eine schwache Kochsalzlösung, dann in die erhaltene Asche, reibt letztere in das Metall ein, wodurch die Goldtheilchen festhalten, und spült die Asche mit reinem Wasser ab, worauf man die vergoldeten Stellen nochmals poliren kann[1]. Minder vortheilhaft darf man nur dahin sehen, dafs die Goldsolution gesättigt sey, die eingetauchte Leinwand an der Sonne trocknen, mit den Fingern zu Pulver reiben, und auf die angezeigte Weise anwenden.

Zum Behuf einer leichten *Versilberung* des Kupfers oder Messings löset man 1 Loth reines Silber in 2 Loth doppeltem Scheidewasser auf, setzt eine Pinte reines Wasser hinzu, und klärt die Flüssigkeit ab, wenn sich etwa einiger Schmutz unten gesetzt hat, wirft einen Efslöffel voll reines Kochsalz hinein, läfst mit Vermeidung des Einflusses des Tageslichtes den entstandenen weissen Niederschlag sich setzen, giefst die obenstehende Flüssigkeit ab, setzt 4 Loth cremor tartari, 1 Loth feine Kreide und einen starken Löffel voll Kochsalz hinzu, mischt dieses durcheinander, und läfst es ohne Zutritt des Lichtes in mäfsiger Wärme trocknen. Nachdem man alsdann das zu versilbernde Metall polirt hat, wäscht man dasselbe mit Salzwasser, reibt von dem Pulver mit dem Finger so lange etwas in dasselbe ein, bis die Versilberung stark genug ist, wäscht es, und trocknet es mit reiner Leinwand. Zu gröfserer Dauerhaftigkeit kann man das versilberte Metall erhitzen, und die Operation wiederholen. Dieses Verfahren ist ungleich besser, als das Reiben mit sogenanntem Münzenpulver, welches aus Kreide und Quecksilber besteht, und auf Kupfer oder Messing gerieben, durch Festhängen des Quecksilbers einen weifslichen Ueberzug erzeugt.

1 Klaproth u. Wolf chem. Wörterb. Art. Vergolden.

Digitized by Google

Es mufs also nach den angegebenen Thatsachen die Adhäsion der Flüssigkeiten an die verschiedenen festen Körper verschieden seyn, worüber es zwar sehr zahlreiche, aber keineswegs völlig erschöpfende Versuche giebt. Einige interessante Experimente über das Anhängen verschiedener, an Gröfse gleicher Metallplatten von 1 Z. Durchmesser an Quecksilber hat Guyton de Morveau[1] angestellt, und das Gewicht, wodurch sie losgerissen wurden, angegeben, nämlich

Gold durch	446 Gran		Zink durch	204 Gran	
Silber —	429 —		Kupfer —	142 —	
Zinn —	418 —		Spiesglanz —	126 —	
Bley —	397 —		Eisen —	115 —	
Wismuth —	372 —		Kobalt —	8 —	

Die letzteren Metalle werden durch das Quecksilber nicht benetzt, und zeigen daher, dafs auch in diesem Falle Adhäsion statt findet. Weniger umfassend, aber ausführlich beschrieben sind diejenigen Versuche, welche Dürour[2] über die ungleiche Adhäsion verschiedener Flüssigkeiten an verschiedene feste Körper angestellt hat. Huth untersuchte speciell die Stärke der Adhäsion des Wassers an verschiedenen Holzarten[3]. Bei einer Temperatur von 14° R. wurden Würfel von 1 rheinl. Quadratzoll Fläche, nachdem sie vorher 24 Stunden im Wasser gelegen hatten, von einer Wasserfläche losgerissen durch Gewichte in Granen

Holzarten.	rauhe Fläche	glatte Fläche
Kienholz	50 Gr.	51 Gr.
Eichenholz	52 -	52 -
Elsenholz	53 -	53 -
Weisbuchenholz	56 -	54 -
Pflaumbaum	55 -	55 -
Birnbaum	50 -	50 -
Nufsbaum	53 -	53 -
Maulbeerbaum	54 -	53 -
Flieder	53 -	52 -
Türkisch Flieder	51 -	53 -

1 J. de Ph. I. 172. 460. Anfangsgründe der theor. u. pract. Chemie v. H. de Morveau, Maret u. Dürande a. d. Fr. v. Weigel. Leipz. 1779. I. 49.
2 J. de Ph. XV. 234. XVI. 85.
3 Gren N. J. III. 299.

Digitized by Google

Den Versuchen ist eine Berechnung beigefügt, woraus hervorgeht, dafs die Adhäsion des Wassers an Holz für einen Quadratfufs Fläche nahe genau einem Pfd. an Gewicht gleich kommt. Allein es läfst sich schon aus den analogen Erscheinungen der Cohäsion folgern, dafs man von den Ergebnissen bei kleinen Flächen nicht mit völliger Sicherheit auf gröfsere schliefsen darf, schon deswegen, weil gleiche Beschaffenheit, Politur und die hierdurch bedingte genaue Berührung bei den einzelnen Theilen einer gröfseren Fläche nicht wohl statt-finden kann, und directe ergiebt sich dieses auch aus den Versuchen von Bugge[1], welcher fand, dafs die Stärke der Adhäsion der Gröfse der Fläche nicht genau proportional sey.

Bei den Versuchen dieser Art übersah man zuweilen den Einfluss der Temperatur ganz, meistens wurde indefs die Wärme der untersuchten Flüssigkeiten zugleich mit angegeben. Indefs ist bis jetzt der Einfluss der Temperatur auf die Stärke der Adhäsion noch keineswegs genau angegeben, und gehört die Aufgabe, ein bestimmtes Gesetz über den Einfluss der Wärme aufzufinden, wahrscheinlich unter die höchst schwierigen. Dafs die Temperatur sehr berücksichtigt werden müsse, indem sie die Adhäsion der Flüssigkeiten gegen feste Körper bedeutend vermindert, geht unter andern vorzüglich aus den Versuchen von C. J. Lehot[2] hervor. Dieser füllte communicirende Röhren mit verschiedenen Flüssigkeiten, liefs sie in dem einen Schenkel in die Höhe steigen, und verschlofs diesen mit dem Finger, hob letzteren schnell weg und beobachtete die Zahl der Schwingungen. Die Zahl derselben war

Wasser	bei	92° C.		Schwing.	16
—	—	17 —		—	12
—	—	6 —		—	8
Alkohol	—	80 —		—	16
—	—	17 —		—	9
—	—	6 —		—	7

1 Schriften d. phys. Klasse d. dän. Ges. d. Wissensch. II. 249. G. XLVII. 17.

2 Observations sur l'écoulement des fluides cet. Par. 1819, 8.

Zur Begründung eines allgemeinen Gesetzes sind indefs noch genauere Versuche erforderlich[1].

Die bedeutendste Reihe von Versuchen ist diejenige, welche Achard anstellte[2], und woraus er zuerst fand, dafs der veränderliche Zustand des Barometers keinen Einfluſs auf die Stärke der Adhäsion ausübe. Dagegen nahm dieselbe mit der Erhöhung der Temperatur ab, worüber er aus seinen Versuchen ein allgemeines Gesetz aufstellte. Ist x die Temperatur des Wassers, y die dieser zukommende Adhäsion nach dem Gewichte ausgedrückt; b der Coefficient von y, a eine constante Gröfse; so ist $x = a - by$. Um hierin die Gröfsen a und b zu bestimmen, nahm er zwei Versuche mit einer Glasplatte von $1\frac{1}{3}$ Z. Durchmesser, welche an destillirtem Wasser bei 67° und 36°, 4 C. durch 80 und 89 Gr. losgerissen wurden.

Hiernach war $67 = a - 80b$

$36{,}4 = a - 89b$

woraus $a = 339$ und $b = 3{,}4$ gefunden wird, und womit eine Reihe von Versuchen genau übereinstimmte. Man hat hingegen eingewandt, dafs die Zunahme der Adhäsion bei verminderter Temperatur sich wie die Quadrate der Cubikwurzeln der Dichtigkeiten verhalten müfsten[3], weil die Anziehung der Menge der berührenden Puncte direct proportional sey. Obgleich dieser Einwurf noch zweifelhaft ist; so scheint es doch nicht wahrscheinlich, dafs das allgemeine Gesetz durch zwei Versuche so einfach bestimmt werden könnte, und verdient die Sache daher aufs Neue genau untersucht zu werden.

Achard suchte ferner das Verhältnifs zwischen der Gröfse der Oberfläche und der Stärke der Adhäsion durch Platten von 1,5 bis 7 Z. Durchmesser auszumitteln, und fand, dafs dasselbe im directen Verhältnisse der Quadrate

1 Vergl. Gerstner bei G. V. 160. Girard Mém. de l'Inst. XIV. 249. Mém. de l'Ac. 1816. I. 187.

2 Mém. de Berl. 1776. 149. Chemisch-physische Schriften. Berlin 1780. I. 354.

3 The Cyclopaedia or universal Dictionary of Arts, Sciences and Literature. by A. Rees. Lond. XLVI. vol. 4. I. Adhesion.

Digitized by Google

der Durchmesser stehe, womit die Resultate der Versuche so genau übereinstimmen, dafs es überflüssig wäre, beide hier neben einander zu stellen, oder selbst die Versuche über die Adhäsion von Glasplatten von 1,5 bis 7 Z. Durchmesser mit verschiedenen Flüssigkeiten herzusetzen, indem sie aus der Formel $y = p \frac{b^2}{a^2}$ worin y die gesuchte Adhäsion für eine Platte vom Durchmesser a, aus p, der gefundenen für eine Platte vom Durchmesser b sehr leicht berechnet werden kann.

Indefs liegt eine so genaue Uebereinstimmung als Achard gefunden haben will, ganz aufser den Grenzen der möglichen Genauigkeit bei Versuchen, und ist auch durch andere unzweideutige Thatsachen widerlegt. Aus einer sehr grossen Reihe von Resultaten enthält die nachstehende Tabelle die wesentlichsten, worin die Flächen 1,5 Z. Durchmesser, die Flüssigkeiten aber 21,2 C. Temperatur hatten:

	Wasser sp. G. 1000	Schwefels. 1868,4	Essigs. 1019,7	Alkohol 842	Essigs. Blei 1131,5	Essigs. Kupf. 1000	Ol. Tart. 1368,4	liq. Amm. 1046	Aether 828,9	Terpentinöl 881,5	Mandelöl 907,8
Glas	91	115	87	54	98	96	105	82	54,5	60	66
Bergk.	90	112	86	52	99	95	103	80	53	58,5	66
Gyps	80	200	78	46,5	87	85	93	71	48	52,5	56,5
Schwf.	96,5	123	93	58	107	101	110	86	57,5	64	69
Wachs	97	120	93	56,5	106	103	111	88	59	64	71
Eisen	93,5	116	88	56,5	104	98	108	83,5	55,5	61	68
Kupf.	96,5	123	92	57	106	102	112	87	58	62,5	69
Zinn	94,5	—	91	55,5	103	100	108	86	55	61	69
Bley	100	129	98	59,5	111	107	115	91,5	61	67	72
Mess.	99	124	96	59	110	103	114	90	60	65	70,5
Zink	96	—	90	57	106	102	110	86	57	61	69

Gegen diese Versuche von Achard, auf gleiche Weise die von Dütour, und so mit gleichem Rechte gegen alle mit sogenannten Adhäsionsplatten hat man die gegründete Einwendung gemacht, dafs bei allen, die Platten benetzenden, Flüssigkeiten nicht eigentlich die Adhäsion der letzteren

Digitized by Google

an festen Körpern, sondern mindestens zum Theil auch die Cohäsion[1] der Bestandtheile der Flüssigkeiten unter einander gemessen sey, weil offenbar diese letzteren um so mehr von einander gerissen wären, als die Platte vollkommener benetzt getrennt worden sey. Basile[2] stellte absichtlich deswegen eine Reihe von Versuchen an, indem er Glasröhren an einer Waage aufhing, einen Theil der zu untersuchenden Flüssigkeit durch den Luftdruck in denselben hängend erhielt, sie dann mit der Oberfläche der Flüssigkeit in Berührung brachte, und das zum Losreifsen erforderliche Gewicht bestimmte. Die Sache bietet aus diesem Gesichtspuncte betrachtet einen für sich bestehenden Gegenstand der Untersuchung dar und verdienen die genannten Versuche allerdings wiederholt zu werden, um so mehr, als die gewöhnlichen, mit Adhäsionsplatten, keine andere, als gemischte Resultate geben können. Es müfste dabei aber auf die Temperatur Rücksicht genommen werden, und liefse sich dann der Unterschied der zum Losreifsen nöthigen Kraft und der weit geringeren, zum Fortgleiten der Flüssigkeiten übereinander erforderlichen, durch Vergleichung auffinden.

Mit Rücksicht auf die von Guyton, du Tour und Achard angestellten Versuche wiederholte Ruhland[3] dieselben abermals, und beachtete dabei zugleich den Einfluss der *Erwärmung* der adhärirenden Körper sowohl unmittelbar als nach wiedererfolgter Abkühlung; des *Reibens* und der *chemischen Einwirkung*. Sie begründen indefs kein allgemeines Gesetz, und können hier nicht vollständig mitgetheilt werden. Schwerlich wird auch das schon frühe durch Hamberger[4] aufgestellte Gesetz, wonach die Stärke der Adhäsion im zusammengesetzten Verhältnisse der spec. Gewichte der Flüssigkeiten und der festen Körper stehen soll, durch die Erfahrung bestätigt werden.

---

1 In dem gewöhnlichen Sinne des Wortes, wonach zwischen gleichartigen Theilen blofs Cohäsion statt finden soll.

2 J. de Ph. XXVIII. 171. XXX. 125.

3 Schweig. J. XI. 147.

4 Elementa physices. Jena 1735. §. 157 und 158.

Digitized by Google

Am vollständigsten und gründlichsten ist dieser Gegenstand erörtert, sind die älteren Versuche geprüft und mit neuen vermehrt durch Link[1], welcher nicht blofs auf den Einfluss der Temperatur aufmerksam macht, sondern auch den schon erwähnten Umstand hervorhebt, doch nicht sowohl die Stärke der Adhäsion zwischen den Flüssigkeiten und festen Körpern, als vielmehr des Zusammenhanges der einzelnen Theilchen der Flüssigkeit unter einander gemessen werde[2]. Vermittelst einer genauen Waage bestimmte derselbe die Adhäsion verschiedener Flüssigkeiten an eine ebene und wagerecht aufgehangene Chalcedonplatte von 10,2 Lin. Durchmesser, und fand das zum Losreifsen derselben erforderliche Gewicht bei

Reinem Wasser	25 Gr. Med. Gew.
Schwefelsäure (sp. G. 1,803) . .	29 -
Salzsäure (sp. G. 1,408) . . .	25 -
Essigsäure Blei-Solution, gesätt. .	25 -
Salpetersolution — desgl. .	23 -
Glaubersalzsolution — desgl. .	22 -
Kaliauflösung (sp. G. 1,216) . .	21 -
Mandelöl	16 -
Steinöl	16 -
Terpentinöl	15 -

1 G. XLVII. 1 ff.

2 Link folgert aus der gröfseren Stärke des Zusammenhanges zwischen den Theilen der Flüssigkeiten, als diejenige ist, welche z. B. zwischen einzelnen Sandkörnchen stattfindet, dafs man erstere Erscheinung mit dem Namen: Cohäsion, bezeichnen müsse. Mir scheint indefs gerade hierin ein auffallender Beweis gegen den Guytonschen Sprachgebrauch, und für den oben festgesetzten zu liegen. Die einzelnen Quarzkörner, eben wie die Partikeln des zerstofsenen Glases u. s. w. sind offenbar gleichartig, und es müsste daher das Anhängen derselben unter einander, eben wie der Theilchen einer Flüssigkeit, zur Cohäsion gehören, folglich müfste die Stärke der Cohäsion sich aus diesem Zusammenhange messen lassen. Nach dem oben festgesetzten Sprachgebrauche aber gehören beide Phänomene zur Adhäsion, weil die Körper nicht starr sind, und ihre Theile sich auf einander ohne Mühe verschieben lassen. Zwischen den Theilchen eines jeden einzelnen Quarzkörnchens dagegen, als starren Körpers, findet Cohäsion statt, und die Stärke der Cohäsion des Quarzes liefse sich hiernach messen.

Digitized by Google

Alkohol (sp. G. 0,840)	15 Gr.
Alkohol absol.	15 -
Schwefeläther	10 -

Die Temperatur war 12° R., ihre Erhöhung verminderte die Adhäsion, doch zeigte eine Differenz desselben von 8° keinen merkbaren Einfluss auf die Resultate. Hiernächst wiederholte Link, mit der Modification, dass er eine Schicht einiger der genannten Flüssigkeiten auf einer Platte eines festen Körpers ausbreitete, und das zum Losreifsen der nämlichen Achatplatte erforderliche Gewicht suchte. Es wurden erfordert für

Wasser	auf	Glase	—	46 Gr. Med. Gew.
—	—	Zink	—	45 -
Bleizuckersol.	—	Glase	—	67 -
		Zink	—	80 -
Salpetersolut.	—	Glase	—	45 -
		Zink	—	31 -
Glaubersalzsol.	—	Glase	—	45 -
		Zink	—	54 -

Eine messingne Platte von 2 Z. Durchmesser wurde von einer Wasserfläche durch 214 Gr. losgerissen, von Wasser auf Glase ausgebreitet durch 475 Gr., auf Zink durch 920 Gr.; auf Kupfer durch 1000 Gr.

Die Ursache dieser abweichenden Resultate ist indefs auch ohne die Annahme einer Cohäsion zwischen den Theilen der Flüssigkeiten nicht schwer aufzufinden, wie Parrot [1] genügend dargethan hat. Es ist nämlich der Zusammenhang zwischen den Theilen der Flüssigkeit unter einander schwächer, als die Adhäsion derselben an feste Körper, ohne welche Bedingung keine Benetzung und Tropfenbildung statt finden würde. Wird der feste Körper dann in Berührung mit einer gröfseren Masse der adhärirenden Flüssigkeit angehoben, so bildet die letztere unter ihm eine Rolle [2], deren Einschnitt in der Mitte tiefer wird, bis zum Zerreifsen. Befindet sich die Flüssigkeit aber auf ei-

1 Theor. Phys. I. 70.

2 Vergl. G. G. Schmidt Handbuch d. Naturlehre. Gies. 1813. I. 161.

Digitized by Google

ner Platte, so wird durch die Anziehung der letzteren der untere Theil der Rolle mehr Ausdehnung, und somit ihr Einschnitt mindere Tiefe erhalten, eben daher aber zum Zerreifsen ein gröfseres Gewicht erforderlich seyn.

In specieller Beziehung auf dieses ebengenannte Phänomen ist Folgendes noch zu erörtern. La-Place[1] begreift die gesammten Erscheinungen des Anhängens einer ebenen Platte an irgend einer Flüssigkeit mit unter den Wirkungen der Capillar-Anziehung oder Capillarität, wie schon früher durch Thom. Young[2] geäufsert war, und wozu sie auch in so fern allerdings zu rechnen sind, als die letztere auf der Adhäsion flüssiger Körper an festen, und somit ursprünglich auf einer Anziehung in unmefsbarer Ferne beruhen. Die von ihm entwickelte allgemeine Formel für die Haarröhrchen-Anziehung[3] wendet er auch an, um die Kraft zu bestimmen, womit eine ebene, horizontale Glasplatte dem Wasser anhängt, durch das Gewicht ausgedrückt, welches zum Abreifsen derselben erforderlich ist. Hat die kreisrunde, horizontal hängende und völlig ebene Scheibe nämlich einen nicht zu kleinen Durchmesser, und wird sie von der Flüssigkeit vollkommen benetzt; so erfordert das Losreissen derselben eine Kraft, welche gleich ist dem Gewicht einer Säule dieser Flüssigkeit, deren Basis die Fläche der Scheibe, und deren Höhe die Quadratwurzel der in Millim. gegebenen Höhe ist, bis zu welcher dieselbe Flüssigkeit in einer 1^{mm} weiten Röhre von derselben Materie ansteigt. Diese Bestimmung kommt vollkommen mit dem Resultate überein, welches Gay-Lüssac durch seine höchst genauen Versuche erhielt, wonach eine kreisförmige Schiebe von weifsem Glase, $118^{mm},366$ im Durchmesser haltend, bei einer Temperatur von $8°,5$ C. durch ein Gewicht von 59,4 grammes vom Wasser losgerissen wurde. Die nämliche Platte wurde losgerissen

Von Alkohol sp. G. 0,81961 durch 31,080 Gr.
— — — 0,85950 — 32,870 -

1 J. de Ph. LIII. 413. G. XXXIII. 310.
2 Phil. Trans. 1805 I. 78.
3 Vergl. *Capillarität.*

Von Alkohol sp. G. 0,94153 durch 37,152 Gr.
— Terpentinöl — 0,86946 — 34,104 -

Die Versuche mit dieser Platte und Quecksilber gaben sehr ungleiche Resultate, welches als eine Folge der Reibung desselben angesehen wird. Alle Scheiben übrigens, welche von einem Flüssigen vollkommen benetzt werden, so dafs also bei der Trennung derselben die Flüssigkeit zerrissen wird, müssen unter sonstigen gleichen Bedingungen gleiche Gewichte hierzu erfordern, und bei verschiedener Gröfse derselben werden die Gewichte den Quadraten der Durchmesser im Allgemeinen proportional seyn. Trennen sich dagegen die verschiedenen berührendsn Flächen von der Flüssigkeit, so dafs also eine ungleiche Adhäsion statt findet; so verhalten sich die Attractivkräfte der verschiedenen Materien gegen die nämliche Flüssigkeit bei gleichem Volumen wie die Quadrate der Gewichte, welche erfordert werden, um einerlei Scheiben von der Oberfläche des Flüssigen loszureifsen.

Solcher Erscheinungen, welche eine Adhäsion der Flüssigkeiten an feste Körper im Allgemeinen, und eine verschiedene Stärke derselben im Besonderen zeigen, giebt es eine sehr grofse Menge, wovon einige der wichtigsten hier namhaft zu machen genügen wird. Dahin gehört das Zerfliefsen des Wassers auf fast allen Körpern, aufser auf Fettigkeiten, des Quecksilbers auf den meisten Metallen, das Herablaufen der Flüssigkeiten an den Rändern der Gefäfse, wenn man nicht die Ausgufsmündung verlängert, oder die Bewegung der Flüssigkeiten durch schnelles Umstürzen der Gefäfse beschleunigt. Wenn geringe Mengen einer tropfbaren Flüssigkeit sich an den Rändern der Gefäfse ansammeln, so entstehen in Folge der Adhäsionsgesetze Tropfen, welche erst dann herabfallen, wenn ihr Gewicht die Stärke der Adhäsion überwindet. Die Tropfen werden daher nach der Gröfse der berührten Fläche und der Stärke der Anziehung verschieden grofs seyn, welches beim Abtröpfeln der Medicin in Betrachtung kommt[1].

Wenn Wasser aus einer Röhre springt, welche schräg

1 S. *Tropfen.*

Digitized by Google

Fig. 26. gegen ihre Axe abgeschnitten ist, so wird der Strahl durch das hervorstehende Ende der Ausgufsröhre seitwärts gezogen werden[1]. Bringt man aber den geraden dünnen Wasserstrahl in Berührung mit einem Cylinder, welcher durch das Wasser benetzt wird, die Axen beider normal gegen einander gerichtet; so wird der Wasserstrahl sich in verschiedene kleinere spalten, welche Curven beschreiben, deren Krümmung durch den Conflict der ursprünglichen Richtung, der Anziehung des Cylinders gegen die Flüssigkeit, und durch die Schwere bestimmt wird. Läfst man neben einer schrägen Fläche, z. B. eines Glases, einen nassen Faden lothrecht herabhängen, und bringt einen Wassertropfen an die Stelle, wo Faden und Fläche sich berühren; so wird durch die Adhäsion des Tropfens an beide Körper der Faden gegen die Fläche gezogen werden. Gieſst man Wasser aus einem cylindrischen Glase langsam aus; so läuft es an der äufseren Wand herab, so lange bis die Fläche derselben horizontal gehalten wird, in welchem Falle sich überall Tropfen bilden und herabfallen. Eben dieses erfolgte bei den horizontalen Ausflufsröhren in den Gerstnerschen Versuchen über die Ausflufsgeschwindigkeiten des Wassers bei verschiedenen Temperaturen[2]. Man vermeidet dieses Herablaufen durch einen umgebogenen Rand, oder durch Beschleunigung der Geschwindigkeit der ausgegossenen Flüssigkeit. Bei bleiernen oder silbernen Gefäfsen und Quecksilber würden die nämlichen Erscheinungen statt finden.

Fig. 27. Hierher gehört auch der bekannte Versuch Hawksbee's[3]. Bringt man nämlich zwischen zwei frisch gereinigte, unter einem spitzen Winkel gegeneinander geneigte Glasplatten einen Tropfen Wasser, so wird er beiden adhäriren, und der Schwere entgegen dahin gezogen werden, wo die Platten sich am nächsten sind. Noch besser zeigt sich die Erscheinung, wenn man mäfsig befeuchtete Glasplatten nimmt, und einen Tropfen Sassafrafsöl oder Orangenöl dazwischen

1 Hamberger Elem. phys. §. 168. p. 140.

2 G. V. 169.

3 Course of mechanical experiments, by Francis Hawksbee. Lond. 1709. 4. in append.

Digitized by Google

bringt. Die Neigung der Platten gegen den Horizont läfst sich so einrichten, dafs das Gewicht des Tropfens mit seiner Anziehung gegen die Platten ins Gleichgewicht kommt[1]. Es sey, um dieses deutlicher zu machen, AC und BC der Durchschnitt zweier, in dem Winkel ACB gegeneinander geneigter Flächen; g h m f ein von beiden angezogener Tropfen. Sind c a, c a normal auf die Flächen, so kann man annehmen, dafs diese Linien die Richtung bezeichnen, in welcher der Tropfen von beiden angezogen wird. Diese zerfällt aber in a d und a c, deren erstere den Tropfen nach der Spitze hinaufzieht. Es ist aber a d = Tang. $\frac{1}{2}$ ACB, und die Kraft also, womit der Tropfen nach der Spitze gezogen wird, ist = 2 Tang. $\frac{1}{2}$ ACB. Indem aber das Verhältnifs a d : a c beständig ist, so wird der Tropfen um so mehr der Spitze zueilen, und die Wirkung seiner Schwere so viel vollständiger überwunden werden, je gröfser bei stärkerer Annäherung zur Spitze seine Berührungsfläche mit den Wänden der Scheiben wird[2]. Fig. 28.

Dieser Erscheinung ähnlich, und gleichsam als Folge derselben anzusehen ist eine andere, nämlich dafs zwei parallele Platten, welche in geringem Abstande von einander in eine Flüssigkeit getaucht werden, sich einander zu nähern streben, es mag die Flüssigkeit zwischen ihnen höher oder niedriger stehen, als das Niveau derselben im Gefäfse ist. Laplace[3] hat die Nothwendigkeit dieses Phänomens als Folge der Capillarität analytisch bewiesen, und aus den Gesetzen des hydrostatischen Druckes folgende allgemeine Formel dafür aufgestellt. Werden die in eine beliebige Flüssigkeit im Gefäfse ABCD eingetauchten Scheiben m n, o p, einander genähert, und ist der horizontale Durchschnitt derselben da, wo die Flüssigkeit sie berührt, = l, die Höhe, bis zu welcher die Flüssigkeit an der inne- Fig. 29.

1 Hawksbee in Phil. Tr. XXVII. 395 und 474.

2 Newton Opt. qu. 31. p. 318 ed. Clark. Musschenbroek Diss. phys. de attractione speculorum planor. vitr. in Diss. phys. Viennae 1753. p. 77. F. A. C. Gren Grundrifs d. Naturl. 3te Aufl. Halle 1797. p. 101. Auch diese Erscheinung rechnet La Place zur Capillarität. G. XXXIII. 102.

3 G. XXXIII. 37 und 293.

Digitized by Google

ren Seite über das Niveau angehoben wird m g = a, an der äufseren Seite h g = α; so ist die Kraft, womit sie sich nähern, dem Gewichte eines Cylinders der Flüssigkeit gleich, welchen die Formel $\frac{1}{2}$ l $(a^2 - \alpha^2) = \frac{1}{2}$ l (a + α) (a − α) ausdrückt. Für die Depression sind a und α negativ. Giebt die Multiplication ein negatives Product, so verwandelt sich die Anziehung in Abstofsung, welches z. B. der Fall ist, wenn die im Wasser genäherten Glasplatten an der inneren Seite mit Fett bestrichen sind. Für Quecksilber dagegen sind beide Factoren negativ, geben daher ein positives Product, und die Scheiben werden sich daher in dieser Flüssigkeit nähern. Dieses ist auch dann der Fall, wenn an der einen Scheibe Attraction, an der andern Depression statt findet. Bringt man eine dünne Schicht Flüssigkeit zwischen zwei feste Scheiben, so ist die krumme Linie e a f, welche die Flüssigkeit begrenzt, eine Kreislinie. Kommt aber eine horizontale Platte mit der Flüssigkeit in einem weiten Gefäfse in Berührung, so liegt der tiefste Punct a der Krümmung etwa in 0,7 der Höhe der angehobenen Säule vom Niveau an, und die Adhäsionskraft kann durch die Formel $g\pi l^2$ Cos. $\frac{1}{2}$ w $\sqrt{\frac{h\,q}{\text{Cos.w}}}$ ausgedrückt werden, worin q die Höhe ist, bis zu welcher die nämliche Flüssigkeit in einem Haarröhrchen von gleicher Masse, als wovon die Scheibe ist, und vom Durchmesser h angehoben wird, l der Halbmesser der Scheibe, g das sp. Gew. der Flüssigkeit, π das Kreisverhältnifs, und w der spitze Winkel, welchen die Flüssigkeit mit der Scheibe macht. Bei Scheiben, welche von der Flüssigkeit vollkommen benetzt werden, verschwindet dieser Winkel, und die Formel ist dann $g\pi l^2 \sqrt{h\,q}$. Wenn die Flüssigkeit die Scheibe nicht benetzt, wie Quecksilber das Glas, so erhält sie eine convexe Krümmung, welche die untere Fläche der Scheibe unter einem spitzen Winkel schneidet. Die Adhäsion der Scheibe kann hierbei nahe genau durch die Formel $g\pi l^2$ Sin. $\frac{1}{2}$ w $\sqrt{\frac{h\,q}{\text{Cos.w.}}}$ ausgedrückt werden[1].

Fig. 30.

1 G. G. Schmidt Naturl. I. 161. Minder einfach ist die La Placesche Formel selbst bei G. XXXIII. 315.

Digitized by Google

Dieser Erscheinung ähnlich sind zwei andere. Wenn sich nämlich im Gefäfse A eine die Wände benetzende Flüs- Fig. sigkeit, es sey Wasser in einem reinen Glase, befindet, 31. welche daher an den Seiten desselben aufsteigt, und man legt auf dieselbe eine hohle Glaskugel; so wird diese zwar in der Mitte ruhen, sobald sie aber in die Nähe des Randes kommt, sich mit beschleunigter Geschwindigkeit demselben nähern, und hörbar daran schlagen. Man sieht bald, dafs die Anziehung des Wassers dieses bewirkt, welches an derjenigen Seite, wohin sich das Kügelchen bewegt, höher steht, z. B. bis g, an der entgegengesetzten bis h, und wenn man annimmt, dafs die Kraft, wodurch das Kügelchen nach a, und diejenige, wodurch es nach b sollicitirt wird, der anziehenden Wasserfläche proportional sey, so kann man ihr Verhältnifs nahe $= nm^2 : cm^2$ setzen, woraus die Beschleunigung der Bewegung bei gröfserer Annäherung zum Rande leicht erklärbar wird. Schwimmen zwei Körper auf dem Wasser, welche beide durch dasselbe benetzt werden; so werden sie sich mit einer dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionalen Kraft anziehen[1]. Ist dagegen die Adhäsion der Flüssigkeit zum Gefäfse oder zum Kügelchen aufgehoben, z. B. durch Fett oder semen lycopodii, bei Quecksilber, oder wenn das Wasser bei überfülltem Gefäfse eine convexe Fläche bildet, so wird das Kügelchen aus gleichem Grunde Fig. vom Rande abgestofsen werden. Es folgt hieraus zugleich, 32. dafs zwei oder mehrere Kügelchen einander anziehen, oder einem eingetauchten Stäbchen folgen, und ähnliche Erscheinungen[2].

Eine ganz sinnreiche Anwendung der Adhäsion des Wassers an feste Körper, insbesondere rauhe Seile, gab Veranlassung zur Erfindung der bekannten *Vera'schen Seilmaschine*, deren hier gelegentlich gedacht werden kann, wenn gleich eine genauere Prüfung in die praktische Maschinenlehre gehört. Vera zeigte 1780 der pariser Akademie ein Modell dieser seiner Erfindung, welche von den prüfenden

1 Young in Phil. Tr. 1805. I. 78.

2 Godard in J. de Ph. 1779. p. 473, vorzüglich Guyton de Morveau in Mém. de l'Acad. 1787. p. 506.

Digitized by Google

Commissairen für sehr zweckmäfsig erkannt wurde [1]. Die Haupttheile der Maschine nebst dem Principe, wonach sie

Fig. 33. construirt ist, sind aus der Zeichnung an sich klar. Eine Rolle T nämlich, welche an irgend einem Gestelle angebracht, und vermittelst einer Kurbel gedrehet wird, bewegt durch das Seil ohne Ende eine Rolle, an deren Axe eine andere Rolle n schnell umläuft, und das oben um dieselbe, unten um die Rolle m geschlungene Seil ohne Ende a b in Bewegung setzt. Letzteres tritt hiernach aus dem Wasser irgend eines Behälters, hier des Gefäfses R, worin die Rolle m festgemacht ist, welche übrigens auch durch ein Bleigewicht herabgezogen werden kann; geht durch eine hinlänglich weite Oeffnung in den Kasten C, hebt die anhängende Wassermenge in denselben empor, und spritzt sie beim Umdrehen um die Rolle n gegen die obere Wandung des Kastens, an dessen Wänden das Wasser herabläuft, während sich der herabgehende Strick wieder in das Wassergefäfs senkt. Aus dem Kasten C, bei welchem die für das Seil bestimmten Löcher mit aufwärtsstehenden Röhren versehen sind, um das Zurückfliefsen des Wassers zu hindern, läuft das Wasser aus einer seitwärts angebrachten Röhre ab.

Das Modell, welches der Erfinder vorzeigte, leistete unglaublich viel. Mit einem Seile von 21 Lin. im Umfange wurden in 7,75 Minuten 250 Pinten Wasser aus 63 F. gehoben [2]. Es sind seitdem mehrmals Verbesserungen dieser Maschine vorgeschlagen, namentlich durch Landriani [3], welcher den zum Wasserheben bestimmten Strick auch über das treibende Rad zu schlingen räth, durch Venel [4] und vorzüglich durch Benzenberg [5]. Letzterer läfst zwei Rollen

1 J. de Ph. XX. 132. Lichtenberg nannte in seinen Vorträgen mündlich den bekannten J. Smeaton als den Erfinder, welcher zufällig auf die Idee gekommen sey, als er seinen Spatzierstock durch ein Loch im Eise der Themse steckte, dann schnell in die Höhe zog, und mit einem beträchtlichen Ueberzuge von Wasser bedeckt fand.

2 Lichtenb. Mag. I. 3. 45.

3 Description d'une Machine propre à élever l'eau cet. Genève 1782. 8. Licht. Mag. 11. 2. 69.

4 Hist. et Mém. de la Soc. des Sci. phys. de Lausanne. 1784—86. 4. T. II.

5 Voigt Mag. VI. 511.

Digitized by Google

mit bandförmigen Seilen ohne Ende durch ein gemeinschaft- Fig.
liches gezahntes Rad in Bewegung setzen, und bringt zu- 34.
gleich beide Bänder so nahe, dafs ein massives Wasserprisma zwischen ihnen hängen bleibt, und angehoben wird. Die Brauchbarkeit der Maschine, welche vorzüglich mit darauf beruhet, dafs man die unteren Rollen so leicht ohne weitere Vorrichtung in das Wasser z. B. eines Brunnens hinabsenken kann, wird sehr dadurch vermindert, dafs sich nicht wohl eine Substanz finden läfst, welche, zu den Seilen genommen, dem zerstörenden Einflusse der Nässe auf die Dauer widersteht. Pferdehaare in dieselben zu flechten, oder sie mit einem dünneren Seile schraubenförmig zu umwinden, wie Landriani räth, vermehrt zwar die Dicke der Lage des angehobenen Wassers, hebt aber den eben erwähnten Nachtheil nicht auf, auch dürfte dieses schwerlich durch die Wahl von Ginster (spartium) statt des Hanfes geschehen, wozu schon der Erfinder rieth. Nebenbei ist zu berücksichtigen, dafs aufser der zum Heben des Wassers erforderlichen Kraft eine nicht unbedeutende Reibung zu überwinden ist, weswegen auch diese Maschine nicht eigentlich praktisch angewandt wird. Berthollet[1] setzte sie gleich anfangs sehr herab.

Aus der Adhäsion des Wassers sowohl an den Ufern, als auch der einzelnen Theilchen desselben unter sich ist zum Theil die Langsamkeit der Bewegung desselben in Flufsbetten und überhaupt auf der geneigten Ebene erklärlich, indem die Geschwindigkeit des fliefsenden Wassers stets geringer ist, als sie nach den Gesetzen des Falles seyn müfste[2]. Auch jene Erscheinungen gehören hierher, dafs so viele Körper, als Korn, Papier, die hygroskopischen Substanzen, Steine, Erden, die letzteren insbesondere, wenn sie locker im Gefüge sind, eine gröfsere oder geringere Menge Wasser in sich aufnehmen und festhalten. Werden sie gebrannt, stark erhitzt und gedörret, so verlieren sie diese Eigenschaft gröfstentheils, erhalten sie aber durch gröfsere Lockerheit

1 Mécanique appliquée aux arts cet. Par. 1782. II. vol. 4.

2 Ueber das Ausströmen des Wassers und der Luft aus Röhren, und die dabei zu berücksichtigende Adhäsion S. *Hydraulik* und *Pneumatik*.

Digitized by Google

und einigen Grad der Feuchtigkeit wieder[1]. Hierauf beruhet zum Theil die Güte des Bodens, wenn er die Feuchtigkeit begierig anzieht, und lange festhält, der Nutzen der Brache, des Auflockerns u. s. w.[2].

Dafs die verschiedenen Flüssigkeiten eine ungleiche Anziehung zu den festen Körpern haben, ist oft erwähnt. Ein interessanter, dahin gehöriger Versuch ist folgender. Wenn man in ein cylindrisches Medicinglas von 0,75 bis 1,25 Z. Durchmesser Terpentinspiritus gieſst, und über diesen vorsichtig Weingeist, mit Alcanna roth gefärbt; so wird die Berührungsfläche beider Flüssigkeiten nicht eben, sondern den statischen Gesetzen zuwider gekrümmt seyn, und zwar die des Terpentinspiritus um so viel mehr convex, je kleiner der Durchmesser des Glases ist, weil der Weingeist denselben von den Wänden des Glases verdrängt. Ist der Weingeist spec. schwerer, so läfst sich der Versuch umgekehrt anstellen, auch kommen die Flüssigkeiten bei einem solchen Versuche mit der Zeit meistens in die umgekehrte Lage[3].

Eine unlängst bekannte Reihe von Erscheinungen ergiebt, dafs verschiedene Flüssigkeiten einander von festen Körpern, namentlich vom Glase, verdrängen. So wird Wasser, insbesondere wenn es mit Lakmustinctur gefärbt ist, von einer Glasplatte durch einige Tropfen Terpentinspiritus, oder Weingeist; Terpentinspiritus aber durch Weingeist verdrängt[4]. Man wird hierdurch veranlafst zu glauben, dafs die Anziehung des Terpentinspiritus und Weingeistes zum Glase stärker sey, als des Wassers[5]. Allein hiergegen streiten die oben mitgetheilten Adhäsionsversuche, desgleichen der höhere Stand des Wassers, als des Weingeistes, in Haarröhrchen. Die Ursache liegt vielmehr in der

1 Leslie Kurzer Bericht von Versuchen und Instr. die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feucht. beziehen. Ueb. von Brandes. 1822. p. 98. Vergl. *Absorption.*

2 Schübler bei G. LI. 226. Drapier in Ann. génér. des sciences physiques. Brux. I.

3 Vergl. Boyle in Phil. Tr. XII. N. 131. p. 775.

4 Draparnaud in Ann. de Chim. XLVII. 303. G. XXIV. 130.

5 Nach Canadori bei G. XXIV. 137 und Parrot theor. Physik I. 78.

Digitized by Google

Anziehung des Weingeistes zum Wasser, wodurch die Anziehung des letztern zum Glase aufgehoben wird, ein sehr wichtiges, in den genannten Erscheinungen höchst auffallend hervortretendes Naturgesetz. Die gröfste Reihe von Versuchen über das gegenseitige Verdrängtwerden der Flüssigkeiten durch einander von der Oberfläche des Glases hat Prevost [1] angestellt, und viele der erhaltenen Resultate mitgetheilt. So verdrängen einander folgende Substanzen in der angegebenen Ordnung: Aether, Alkohol, wesentliches Pfeffermünzöl, Bergamotöl, Majoranöl, Sarrietteöl, Mohnöl, Olivenöl, Nufsöl nebst vielen andern Oelen, Wasser. Das reine Wasser dagegen vertreibt salzige und erdige Lösungen, und diese wieder andere in folgender Ordnung: Wasser, Alaunlösung, Vitriollösung, Glaubersalz - Salpeter - Kochsalz - salzsaure Ammoniak - Lösung, und noch verschiedene andere. Noch viele ähnliche angegebene Erscheinungen zeigen das mannigfaltige Spiel der gegenseitigen Anziehung der Körper.

Dafs die verschiedenen Flüssigkeiten gleichfalls eine gegenseitige Adhäsion zu einander zeigen müssen, läfst sich aus der Allgemeinheit dieses Naturgesetzes erwarten, geht aber aufserdem aus einer Menge von Erscheinungen unverkennbar hervor. Einen interessanten Versuch dieser Art beschreibt Lenot [2]. Richtet man zwei, aus feinen Röhren ausströmende Wasserstrahlen gegen einander; so werden sie sich in einer einzigen vereinigen, und ist einer derselben dicker; so wird der andere eine Spirallinie um denselben beschreiben. Sehr auffallend, und zum Beweifse des Zusammenhanges der Bestandtheile einer Flüssigkeit unter sich vorzüglich geeignet sind folgende Erscheinungen. Läfst man Wassertropfen auf Wasser, oder Weingeisttropfen auf Weingeist, oder sonstige Tropfen einer Flüssigkeit auf eine gröfsere Fläche derselben aus geringen Höhen insbesondere schräg herabfallen, z. B. beim Filtriren; so zerfliefsen diese einzelnen Tropfen, welche bei einem geringen Gewichte und dem starken Zusammenhange ihrer Theile unter einander die

1 Ann. de Chim. XI. 19.
2 Observations sur l'écoulement des fluides, Par. 1819.

Fläche der gleichartigen Flüssigkeit nur in einem Puncte berühren, auf derselben nicht sogleich, sondern rollen oft ohne Veränderung ihrer Form eine bedeutende Strecke fort, stofsen sogar zuweilen an einander, und fahren dann wieder auseinander[1]. Auffallend zeigt sich dieses Phänomen, wenn beim Rudern auf einer stillen See eine grofse Menge Wassertropfen in die Höhe geschleudert werden, und über die Wasserfläche hinrollen.

Da die genannte Erscheinung auf gleiche Weise und wegen geringerem spec. Gew. und minder starker Anziehung der einzelnen Theile des Weingeistes untereinander auch bei diesem noch auffallender statt findet, so hat man nicht Ursache mit Rumford anzunehmen, dafs das Wasser auf seiner Oberfläche gleichsam eine Haut bilde, welche das Eindringen in dasselbe hindere, noch ist es als ohne Weiteres für ausgemacht zu halten, dafs die umgebende Luft nach Bellani[2] die einzige Ursache des Phänomens sey, auch drückt sich Guyton Morveau[3] wohl zu stark aus, wenn er den Grund in der Verminderung des spec. Gew. der Kügelchen durch die Luft findet, obgleich ohne Zweifel die Adhäsion der Luftschicht die Adhäsion der Kügelchen und des Wassers vermindert[4]. Rumford folgert übrigens seine Behauptung aus einer interessanten Reihe von Versuchen[5], woraus er zugleich schliefst, dafs die Luft das Schwimmen kleiner spec. schwererer Körperchen auf dem Wasser, z. B. der Nähnadeln, wenn man sie behutsam darauf legt, nicht bedinge. Er brachte nämlich feine Nähnadeln, kleine Kügelchen Zinn und Quecksilber u. dgl. auf Wasser zum Schwimmen, über welchem eine Lage Schwefeläther, Terpentinöl, oder Olivenöl stand. Sie drangen durch die übergegossenen Lagen blofs an die Oberfläche des Wassers, drückten diese zu einer kleinen Vertiefung ein, und blieben in derselben ruhend. Wurde

1 Guyton Morveau in Mém. de l'Ac. 1788. p. 511.
2 Brugnatelli Giorn. I. 261.
3 Mém. de l'Ac. 1788. p. 511. Car, c'est la couche d'air adhérante à la surface des globules, qui diminue leur pesanteur spécifique et les fait flotter.
4 Bizio in Brugnat. Giorn. Bim. II. I. 279.
5 G. XXV. 121.

aber Alkohol vorsichtig über das Wasser gegossen, deren Anziehung zu einander die Bildung der vermeintlichen, und selbst am Rande des Glases klebenden Haut auf der Oberfläche des Wassers hinderte, so sanken die kleinen Körperchen ungehindert hinab. Rumford nimmt an, dafs auch an der unteren Fläche des Wassers, wenn dasselbe über Quecksilber steht, eine solche Haut gebildet werde, welche kleine Kügelchen Quecksilber hindert in der Masse des Metalls zu zerfliefsen, obgleich sie durch das Wasser herabsinken. Allein es ist unnöthig, aufser der Adhäsion der Wassertheilchen unter sich noch die Bildung einer Haut auf der Oberfläche desselben anzunehmen, welche ohnehin bei Wasser, wenn man dasselbe mit einem Glasstabe schnell umrührt, jederzeit zerstört und aufs Neue gebildet werden müfste. Es hindert nämlich die Adhäsion des Wassers an der Oberfläche des Quecksilbers und der Quecksilberkügelchen das Zerfliefsen der letzteren in der gröfseren Masse des ersteren, wozu noch das geringe Gewicht und die Kleinheit der Berührungsfläche kommt. Hiervon überzeugt man sich leicht, wenn man einige Unzen Quecksilber mit einer hinlänglichen Quantität Wasser in einem Medicinglase anhaltend schüttelt, indem dann die ganze Masse des ersteren sich in lauter einzelne Kugeln zu trennen pflegt, deren Wiedervereinigung nicht ohne Mühe bewerkstelligt wird. Aehnlich hiermit ist die Erscheinung, dafs Quecksilberkügelchen, um welche sich eine dünne Lage Staub angelegt hat, sich gar nicht oder nur schwer vereinigen lassen. Wenn man indefs die Bildung einer Haut auf der Oberfläche des Wassers nicht annimmt, welche im Grofsen durch den Wind stets zerrissen werden müfste; so kann man dennoch mit Recht der Folgerung Rumford's beitreten, dafs ohne die Adhäsion der einzelnen Theile des Wassers unermefsliche Massen desselben bei seinem geringeren spec. Gew. weit leichter durch den Sturmwind aufgehoben und fortgeführt werden würden, als dieser grofse Staub- und Sandwolken vor sich hertreibt [1]. Dafs

1 Vergl. Carradori bei Brugnat. Giorn. I. 467. Man mufs hierbei indefs zugleich berücksichtigen, dafs das Wasser vermöge seiner Flüssigkeit beim Nachlassen des Sturmes sogleich dem niedrigsten Orte

kleine Körperchen nicht auf gleiche Weise auf Aether und Alkohol schwimmen, folgt weniger aus dem geringeren spec. Gew. dieser letzteren Flüssigkeiten, als vielmehr aus ihrer eigenen geringeren Adhäsion, woraus Rumford nicht ohne Grund folgert, dafs sie zugleich auch leichter verdunsten, als Wasser. Endlich ruhet eben deswegen auf der Oberfläche derselben ein weit dichterer Dampf mit Luft gemengt, welcher eine minder scharfe Begrenzung zwischen ihrer Oberfläche und der begrenzenden Luft gestattet.

Unter die Erscheinungen, welche den Zusammenhang der Theile flüssiger Körper beurkunden, gehört auch diese, dafs Goldblättchen ihres grofsen spec. Gew. ungeachtet, im Wasser nicht untergehen, desgleichen dafs die feinsten Theile der Pigmente im Wasser beständig oder mindestens lange Zeit schweben bleiben, weil die Adhäsion der Wassertheilchen zu einander das Niedersinken hindert [1]. Der mehr erwähnte Versuch, dafs man trockne Nähnadeln auf Wasser vorsichtig niedergelegt, zum Schwimmen bringen kann, wird übrigens von La Place gleichfalls auf die Capillarität zurück geführt. Nach Parrot [2] hat eine stählerne Nähnadel von 0,5 p. Lin. Durchmesser und 19 Lin. Länge, deren Gewicht 3,5 Gran beträgt, das Maximum der Gröfse, wobei das Schwimmen noch möglich bleibt. Aufser dem Schwimmen selbst zeigen indefs die Nähnadeln, wenn zwei derselben auf eine ruhige Wasserfläche gelegt werden, noch eine interessante Erscheinung der Adhäsion, indem sie sich einander nähern und ihrer Länge nach neben einander legen [3].

Robison [4] setzt diese Erscheinung in Parallele mit einer andern sehr bekannten, dafs nämlich kleine Wasserthierchen, namentlich Spinnen, über die Oberfläche des Wassers hinlaufen, ohne unterzusinken. Dieses erklärt sich daraus,

---

wieder zufliefst, wenn es auch eine Strecke fortbewegt ist, Sand und Staub aber liegen bleiben, um von einem nächsten Windstofse wieder weiter geführt zu werden.

1 Parrot Theor. Phys. I. 87. Vergl. *Schwimmen.*

2 Ebend. I. 339.

3 Pichard in Bibl. univ. XXV. 273.

4 System of Mechanic. Phil. Edinb. 1822. IV Vol. 8. I. 245.

dafs ihre Füfse unten in kleine Sterne von 5 bis 6 Spitzen auslaufen, welche sich, wie die Nähnadeln über dem Wasser halten, in welches sie gleichfalls einen Eindruck oder eine Vertiefung machen.

Auch bei den Flüssigkeiten unter einander zeigt sich sehr auffallend das allgemeine Gesetz der Adhäsion, wonach dieselbe durch die Anziehung der Theile derselben unter sich und gegeneinander bedingt wird. Am interessantesten in dieser Hinsicht sind Carradori's Versuche [1]. Ein Tropfen Olivenöl oder auch Euphorbiensaft breitet sich über eine grofse Fläche reinen Wassers als ein dünnes, farbenspielendes Häutchen aus, ein zweiter nicht. Auch andere Pflanzensäfte und Weingeist zeigen die nämliche Erscheinung. Feines Mehlpulver verbreitet sich gleichfalls über die Fläche desselben, und zwar die genannten verschiedenen Substanzen mit einer verschiedenen Stärke der Adhäsion, indem die letzteren Substanzen das Oel aus seiner Stelle an den Rand treiben, vom Oele aber nicht vertrieben werden [2]. Link hat viele dieser Versuche zum Theil wiederholt, zum Theil auch durch neue, mit verschiedenen Flüssigkeiten angestellte vermehrt, deren manche sich nicht blofs auf dem Wasser, sondern auch auf Quecksilber und selbst auf Glasplatten ausbreiten, und vermöge ihrer stärkeren Adhäsion einander verdrängen. Das Interessante der Erscheinung, dafs ein zweiter Oeltropfen sich auf der Wasserfläche nicht mehr ausbreitet, läfst sich daraus erklären, dafs die Adhäsion des Wassers zum Oele durch den feinen Ueberzug gleichsam gesättigt ist, folglich die Theilchen des hinzukommenden Tropfens ihrer eigenen Anziehung ungehinderter folgen können. So zusammengesetzt übrigens die Erscheinungen sind, welche sich hierbei darbieten, so lassen

1 Opuscoli scelti di Milano. XIX. Atti della Soc. Ital. delle Scienze. XI. und XII. Brugnatelli Ann. di Chimica. XVII. J. de Phys. XLVIII. 287. Ann. de Chim. XXXV. 87. LI. 216. G. XII. 108. XXIV. 135. Voigt Mag. II. 87.

2 Die hier angenommene Erklärung und die Existenz einer sogenannten Flächenanziehung überhaupt bestreitet Dispan mit ungenügenden Gründen. S. Ann. de Chim. LVII. 14. G. XXIV. 184. wie Carradori in Ann. de Chim. LXII. 65 zeigt.

Digitized by Google

sie sich doch dem Wesen nach sämmtlich auf Adhäsion oder Flächenanziehung zurückführen [1].

Die Kraft, womit manche Flüssigkeiten sich mit einander, eines mechanischen Widerstandes ungeachtet, zu verbinden streben, zeigt sich vorzüglich in einem interessanten, von Parrot [2] angegebenen Versuche. Füllt man ein kleines Opodeldockglas mit gutem Weingeiste möglichst voll, bindet dann ein Stück stark in Wasser erweichte Rindsblase fest darüber, und taucht den ganzen Apparat in einem Glase mit Wasser unter; so wird im Verlaufe einiger Stunden, des Widerstandes der Blase ungeachtet, eine Menge Wasser zum Weingeiste dringen, und die Blase so stark in die Höhe treiben, dafs beim Einfachen mit einer Nadel ein mehrere Fufs hoher Strahl herausspringt. Die Ursache liegt in der Anziehung des Weingeistes zum Wasser, wodurch der erstere im Glase die in der Thierblase befindlichen, ihn zunächst berührenden Theile des letzteren aufnimmt, und dadurch ein folgendes Theilchen nöthigt, an dessen Stelle zu treten, wodurch allmälig das Gläschen überfüllt wird. Man kann den Versuch auch umkehren, und das Gläschen mit Wasser gefüllt in ein gröfseres Gefäfs mit Weingeist setzen. Auf ähnlichen Gesetzen beruhet das Verdunsten des Weingeistes aus Gefäfsen, worin Präparate aufbewahrt werden, nach v. Sömmerring's Untersuchungen [3], indem die Menge des reinen Alkohols in Gläsern, welche mit Thierblase überbunden sind, durch Anziehung des Wassers aus der Luft scheinbar zunimmt, des schlechteren aber bedeutend vermindert wird. Sinnreich gründet Sömmerring hierauf ein Verfahren, junge Weine früher zu veredeln, als dieses auf die gewöhnliche Weise zu geschehen pflegt, indem er dieselben in grofse Zuckergläser füllt, diese mit Rindsblase fest zubindet, und in mäfsiger Temperatur im Schatten 3 bis 12 Monate ruhig stehen läfst. Durch stete Verdun-

1 Viele ausführlich erzählte Versuche, welche hier nicht einzeln mitgetheilt werden können, finden sich bei G. XXIV. 130.

2 Theor. Phys. II. 331.

3 Münchener Denkschr. 1811. und 12. p. 275. 1814 und 15. p. 137, 1818 — 20. p. 245. G. LXI. 104.

stung der wässerigen Antheile ist der, auf diese Weise behandelte, junge Wein dem gleichen, auf Fässern aufbewahrten, allezeit an Güte bedeutend voraus, wobei es indefs fraglich bleibt, ob die Verdunstung der wässerigen Theile als alleinige Ursache dieses Erfolgs anzusehen sey.

Noch interessanter, als in den eben erwähnten Erscheinungen zeigt sich das Bestreben nach Verbindung verwandter Flüssigkeiten, wenn man über das eine Ende von beliebig weiten Glasröhren ein Stück Rindsblase bindet, eine Flüssigkeit hineingiefst, und in ein Gefäfs mit einer andern verwandten Flüssigkeit senkt, wie N. W. Fischer durch eine Reihe von Versuchen gezeigt hat[1]. Befindet sich unter andern in der Röhre gesalzenes Wasser, im Gefäfse aber reines, oder umgekehrt, so wird nach einiger Zeit in beiden gesalzenes Wasser seyn. Eben so werden die ungleichen, getrennten Flüssigkeiten in beiden Gefäfsen gleichartig, wenn in dem einen Alkalien oder Säuren, oder metallische Solutionen befindlich sind. Befindet sich in der Röhre Wasser und ein Metall, z. B. Zink, welches die metallische Solution im Gefäfse z. B. Bleizuckersolution niederschlägt; so wird die letztere nicht blofs durch die Blase dringen, sondern auch das Niveau in der Röhre unter Umständen selbst einen bis einige Zolle höher werden, die metallischen Vegetationen aber bilden sich durch die Blase und unter derselben. Giefst man eine verdünnte Auflösung von essigsaurem Blei in einen gläsernen Cylinder, bindet über denselben eine starke Rindsblase und selbst auch Papier, und stürzt denselben auf eine Platte Zink um, so bildet sich ein Niederschlag von regulinischem Blei an beiden Seiten der Blasenfläche, hauptsächlich an der inneren. Gleichfalls entstehen metallische Vegetationen, wenn man den Cylinder mit verdünntem salpetersauern Silber über Kupfer stellt[2]. Aehnlich diesem ist das längstbekannte Phänomen, dafs Thierblasen mit Gasarten gefüllt, und frei aufgefangen, nach etwa zwei bis drei Tagen atmosphärische Luft enthalten.

Auch zwischen *expansibelen Flüssigkeiten* und festen Körpern sowohl als auch tropfbar flüssigen findet Adhäsion

1 G. LXXII. 289.

2 Bischof bei Schweig. N. F. VI. 119.

statt, wie denn auch nicht minder zwischen den Gasarten und Dämpfen unter einander. Indem aber dieser, eine Menge interessante Phänomene begreifende Gegenstand schon erschöpfend vorgetragen ist[1], so wird es genügen, hier nur einige, mehr mechanische Wirkungen dieser Adhäsion namhaft zu machen. Aus dieser ist es unter andern erklärlich, dafs die Capillardepression und die hieraus folgende Convexität des Quecksilbers in der torricellischen Röhre durch Anwesenheit von Luft gröfser wird, und dafs Luftbläschen unter Flüssigkeiten sich an die Wände der Gefäfse und an hineingetauchte Körper anlegen. Wenn man z. B. verdünnte Schwefelsäure vermittelst eines Trichters vorsichtig unter eine Auflösung gemeiner Pottasche in Wasser bringt; so steigen eine Menge Luftblasen in die Höhe, welche sich an hineingetauchtes Papier oder ein Hölzchen in grofser Menge ansetzen. Bringt man ein Stück trocknes Holz im Wasser unter die Campane der Luftpumpe, und exantlirt, so werden sowohl aus dem Holze als dem Wasser eine Menge Luftblasen entwickelt, welche dem Holze adhäriren und das spec. Gew. desselben, meistens auch seinen Schwerpunct, verändern. Ohngeachtet des geringen spec. Gewichtes derselben werden diese Luftbläschen, welche bei einer hundertfachen Verdünnung gegen 80000mal leichter als das Wasser sind, dennoch durch die Stärke der Adhäsion an dem Holze oder auch an den Glaswänden zurückgehalten. Nach Parrot[2] beträgt ohne Rücksicht auf die Luftverdünnung, die Kraft, womit ein Luftbläschen von 1 Lin. Durchmesser im Wasser aufsteigt, etwa 0,1 Gran, und ihre Adhäsionsfläche etwa $\frac{1}{1800}$ Z., mithin die Stärke der Adhäsion der Luft für einen Quadratzoll 1800 Gr. Verbindet sich Luft mit Wasser, oder werden überhaupt expansibele Flüssigkeiten von tropfbaren absorbirt; so bemerkt man bei vielen keine Vermehrung des Volumens. Man kann sich vorstellen, dafs die gasförmigen Substanzen hierdurch den Zustand der Expansion verlieren, indem sie an die tropfbaren Flüssigkeiten gebunden werden, und dann müfsten sie durch die Kraft der Ad-

1 S. *Absorption.*

2 Theor. Phys. I. 73.

häsion zur Dichtigkeit der Flüssigkeiten gebracht werden, welches als mechanischer Druck betrachtet gegen achthundert Atmosphären betragen würde[1]. Diese aufserordentliche Stärke der Adhäsion von Luft und Feuchtigkeit an feste Körper wird auch dadurch noch vorzüglich sichtbar, dafs es so schwer hält, die letzten Antheile derselben durch Auskochen vom Quecksilber der Barometer zu entfernen.

Wenn gleich problematisch hinsichtlich der wirkenden Ursache, doch nach der Ansicht vieler Physiker hiermit verwandt, als Folge einer Flächenanziehung, ist die drehende Bewegung des Kampfers und verschiedener anderer Substanzen auf Wasser und sonstigen Flüssigkeiten. Wenn man nämlich in eine flache porzellanene Schüssel oder auf einen Teller Wasser bis zu einer Linie hoch gieſst, dann ein Stückchen Kampfer, etwa von der Gröfse einer Linse darauf legt, so treibt dieses das Wasser zurück, wie ein Tropfen Weingeist. Ist aber die Schicht des reinen Wassers höher, so dafs kleine und sehr kleine Stückchen Kampfer darauf schwimmen, so gerathen diese in eine sehr schnelle drehende Bewegung, welche augenblicklich aufhört, wenn man einen Tropfen Oel auf das Wasser gieſst.

Die Erscheinung selbst hat man lange gekannt, allein rücksichtlich ihrer Erklärung sind die Ansichten der Physiker verschieden. Einige leiten dieselbe von einem, aus dem Kampfer ausströmenden riechbaren Stoffe ab, welcher als expansibeles Fluidum das Wasser zurücktreiben und durch die Reaction des letzteren in drehende Bewegung gerathen soll. Diese Meinung äufserte schon v. Bergen[2], welcher die Ströme den Nolletschen elektrischen Strahlenbüscheln ähnlich gesehen haben wollte. Späterhin traten ihr im Allgemeinen bei Lichtenberg[3], Volta, Caldani und vorzüglich Prevost[4], welcher die Erscheinung aufs

1 Vergl. Robison System of mechanical Philosophy. Edinb. 1822. IV. vol. 8. I. 232. Vergl. *Absorption.*

2 Nov. Act. phys. med. Acad. Nat. cur. Norimb. 1757. I. obs. 49. p. 195.

3 v. Crell. chem. Ann. 1794. II. 215.

4 Ann. de Chim. XXI. 254. XXXVII. 38. Gren. N. J. IV. 212. Scherer's J. I. 143. ff. wo zugleich die Quellen angegeben sind. Biot ex-

neue wieder in Anregung brachte, nebst Drapernaud[1] und G. G. Schmidt[2]. Eben diese Meinung sucht Serüllas[3] zu vertheidigen, indem er gleiche drehende Bewegungen auch bei Potassium und sonstigen, das Wasser zersetzenden Metallen als Folge des ausströmenden Wasserstoffgas wahrnahm. Prevost[4] unterstützt seine Ansicht noch aufserdem durch die Analogie einer Menge ähnlicher Versuche, welche indefs sämmtlich gleichfalls der Anziehung untergeordnet werden können. Einige der interessantesten sind folgende. Giefst man auf einen Teller etwa 3 Lin. hoch Wasser, und setzt auf eine Unterlage von etwa 8 Lin. über dessen Niveau ein Uhrglas mit einigen Tropfen Aether, so bewegen sich kleine Stückchen Blattgold oder Blattzinn auf dem Wasser nach verschiedenen Richtungen. Die genaue Beobachtung dieser Erscheinung zeigt indefs bald die eigentliche Ursache derselben. Wäre diese in einer Ausströmung des Aethers zu suchen, so müfsten die Goldblättchen nach dem Rande des Gefäfses hin getrieben werden, welches aber nicht geschieht, vielmehr bedarf es der angegebenen Vorrichtung nicht einmal, sondern wenn man kleine Stückchen Goldblättchen auf Wasser schwimmen läfst, und über demselben ein Glas mit Aether öffnet, oder von fern her einen Tropfen Aether an einer Glasröhre nähert, so werden die Goldblättchen sämmtlich in schnelle Bewegung versetzt, weil der Aetherdampf sich nach den Gesetzen der Anziehung eben so, als ein Tropfen Oel der ganzen Oberfläche des Wassers mittheilt. Hieraus kann auch sein zweites Experiment beurtheilt werden. Setzt man ein Uhrglas mit einigen Tropfen Aether auf einen mit Wasser blofs benetzten Teller, so werden sich auf demselben leere Kreise mit einem Tropfen in der Mitte

---

trait des recherches de Ben. Prevost et de quelques autres Physiciens sur les mouvements des substances odorantes placées sur l'eau. Soc. Phil. an. IX. p. 42. G. XXIV. 147., wo sich viele literär. Nachweisungen finden.

1 Experiences et observations sur le mouvement gyratoire de molecules de campher. Journ. de Santé et d' Hist. Nat. de Bourdeaux. III. 264. Ann. de Chim. XLVII. 303.

2 Scherer's J. 1. 705. Handbuch d. Nat. I. 302.

3 J. de Ph. XCI. 185.

4 Ann. de Chim. XL. 1. ff.

bilden. Auch ein kleines Gefäfs auf Wasser schwimmend kommt in Bewegung, wenn man einige Tropfen Aether hineingiefst.

So viel sich indefs für diese Erklärungsart der interessanten Phänomene auch sagen läfst, so stehen ihr doch bedeutende Argumente entgegen. Das wichtigste ist, dafs die riechbaren Ausdünstungen äufserst fein sind, und schwerlich als mechanisch wirkende Substanzen angesehen werden können[1]. Vorzüglich aber ist zu berücksichtigen, dafs namentlich der Kampfer nach den Versuchen von Venturi[2] und von mir[3] weder im Guerickschen, noch im Torricellischen Vacuo einen Dampf von mefsbarer Elasticität bildet, auch unter Wasser dem Einflusse einer mäfsigen Wärme und dem Sonnenlichte ausgesetzt, keine Spur einer expansibelen Flüssigkeit entbindet, dafs aber allerdings die Theile desselben an das Wasser übergehen, indem letzteres eine geringe Menge desselben in sich aufnimmt, wie durch den Geruch kenntlich wird[4]. Dafs also eine Anziehung der Theile des Wassers und Kampfers statt findet, ist somit erwiesen; indem aber ein aus dem Kampfer strömender elastischer Dampf von bedeutender Stärke und Dauer seyn müfste, wenn er nicht blofs die drehende Bewegung der kleinen Partikelchen, sondern auch das Zurückstofsen der dünnen Wasserschicht im ebenerwähnten Versuche bewirken sollte; so liegt hierin ein bedeutendes Argument, auch die drehende Bewegung desselben einer Anziehung (Flächenanziehung) beizumessen. Diese Meinung hegen aufser den schon genannten auch Brugnatelli[5], welcher nach seinen Versuchen eine Anziehung zwischen den Theilchen des Wassers und einem aus dem Kampfer ausfliefsenden ätherischen Oele annimmt; vorzüglich Carradori[6], welcher neben einer grofsen Reihe eigener Experimente insbesondere die Behauptun-

1 Vom spiritus rector S. *Geruch.*

2 G. II. 298. u. 306. Ann. de Chim. XXI. 262.

3 Muncke Physical. Abhandl. Giessen 1816. p. 444.

4 Venturi Mém. de l'Inst. Sav. Etr. I. 125. Muncke phys. Abh. p. 432.

5 v. Crell chem. Ann. 1788. I. 407. 1794. II. 214.

6 Brugnatelli Giorn. IX. 124. Ann. de Chim. LI. 216. G. XXIV. 140. 152—157. ff.

Digitized by Google

gen von Draparraud prüft und zu widerlegen sucht: Link[1], Parrot[2] vorzüglich deswegen, weil eine dünne Schicht Oel oder ein dünnes Staniolblättchen als Unterlage unter den Kampfer die Bewegung aufhebt, und andere.

Indefs steht auch dieser Erklärung ein von vielen nicht hinlänglich gewürdigtes, aber dennoch unleugbares Factum entgegen, nämlich dafs die kleinen Kampfertheilchen eine gleiche Bewegung auch auf *trocknem* Quecksilber zeigen, so lange die Fläche desselben hinlänglich rein ist[3]. Dafs hierbei die Erscheinung nicht dem Einflufs des Wassers beizumessen sey, ergiebt sich mit Evidenz aus der minder lebhaften Bewegung auf einer benetzten Quecksilberfläche. Weil indefs die Bewegung nach einiger Zeit aufhört, und dann auch frische Kampferstückchen sie nicht zeigen, wie doch wohl geschehen müfste, wenn die Erscheinung eine Folge der Ausdünstung wäre; so behält die Hypothese immer viel für sich, welche die Anziehung der Wasser- oder Quecksilberfläche und zugleich der Luft gegen die feinen verdampfenden Partikelchen Kampfer als Ursache dieses Phänomens ansieht. Insbesondere sucht Carradori[4] dieselbe durch eine Reihe von Versuchen zu unterstützen, welche er mit Phosphorstückchen auf einer glatten Quecksilberfläche anstellte. Auch diese bewegen sich drehend auf derselben, und erzeugen im Dunkeln einen Lichtschein, liegen aber still, sobald die Oberfläche mit einer Haut überzogen ist. Hiernach sollen also auch die Kampferstückchen die Wasser- und Quecksilberfläche mit einem feinen Häutchen überziehen, wie ein Tropfen Oel, und sonach wäre auf allen Fall die Adhäsion der Kampfertheilchen an die Oberfläche des Wassers oder Quecksilbers die Ursache des Phänomens. Einen Beweis hierfür findet Carradori ferner darin, dafs ein Tropfen Euphorbiensaft sich nicht auf der Quecksilberfläche ausbreitete, nachdem Phosphorstückchen darauf gelegen hatten,

1 G. XXIV. 128. XXVI. 146.

2 Theor. Phys. I. 83.

3 Prevost in Ann. de chim. XL. 9.

4 Brugnatelli Giornale quarto bim. T. III. p. 261.

wohl aber ein Tropfen Oel, wegen stärkerer Adhäsion, auch liefs sich die sehr dünne Haut des Phosphors mit einem Messer von der Oberfläche des Quecksilbers wegnehmen, worauf die unterbrochene Rotation wieder anfing. Bei sehr niedriger Temperatur sollen nach Accum die Bewegungen des Kampfers auf Wasser wegen geringerer Adhäsion aufhören.

Kaum belohnt sichs der Mühe, noch die Meinung Romieu's[1] zu erwähnen, welcher die Phänomene für elektrische hält. Uebrigens mufs man bei den Versuchen sich hüten, dafs der Kampfer durch das Anfassen und Zerdrücken keine Fettigkeit annehme, weil die Erscheinung leicht durch Vorhandenseyn von etwas Oel, Schmutz oder Fett ausbleibt.

Als Ursache der Adhäsion im Allgemeinen sah Joh. Bernoulli den Druck der Luft an[2], allein Hawksbee zeigte, dafs die Erscheinungen auch im luftleeren Raume auf gleiche Weise statt fänden[3]. Gegenwärtig ist es herrschende Meinung, dafs die Erscheinungen der Adhäsion auf dem allgemeinen Gesetze der Attraction beruhen, indefs sind die Ansichten über die hierbei zu berücksichtigenden speciellen Modificationen dieser allgemeinen Kraft verschieden. Guyton-Morveau[4] hält die Adhäsion für den ersten Grad der chemischen Verwandtschaft, weil in seinen Versuchen die Stärke beider nahe gleich war. Hiergegen streiten Carradori[5] in Gemäfsheit seiner Versuche, indem Oel ohne alle chemische Verwandtschaft doch dem Wasser adhärire. Tollard[6] dagegen nimmt Guyton's Ansicht in Schutz, indem er sehr richtig bemerkt, dafs die Stärke der Anziehung zwischen Oel und Wasser allerdings, jedoch nur in einem geringen Grade statt finde. Vorzüglich aber sucht Link[7] aus seinen Versuchen zu beweisen, dafs die chemische Wahlan-

1 Mém. de l'Ac. 1756. 449: v. Crell N. chem. Ann. VIII. 91.

2 Dissert. de gravitate aetheris. 1682.

3 Phil. Tr. XXV. 2223.

4 Anfangsgr. d. Theor. u. pract. Chem. von Guyton Morveau u. s. w. I. 49.

5 Ann. de Chim. XXXV. 87. G. XII. 112.

6 Ebend.

7 G. XXIV. 125. XXVI. 146.

Digitized by Google

ziehung mit der Adhäsion in genauem Zusammenhange stehe, denn gerade die, dem Wasser am meisten verwandten Substanzen, Schwefelsäure und Alkohol verdrängen alle Oele von der Oberfläche desselben. Es läfst sich dieses mit den allgemeinen Gesetzen der Anziehung sehr wohl vereinigen, auch steht damit keineswegs im Widerspruche, wenn sich nach H. Davy[1] die Stärke der Anziehung der Metalle mit ihrem elektrischen Gegensatze in Uebereinstimmung bringen liefse, worüber es aber bis jetzt noch an genügenden Versuchen fehlt. Eine eigene Ansicht gewinnt die Lehre von der Flächenanziehung durch eine Reihe interessanter Versuche von Erman[2]. Indem dieser nämlich durch das Wasser, welches von einer Adhäsionsplatte in die Höhe gehoben wurde, den elektrischen Strom einer Volta'schen Säule leitete, und sonst in Berührung befindliche Flüssigkeiten, als Quecksilber mit Wasser, Schwefelsäure u. dgl. mit den heterogenen Polen der Säule verband, erhielt er eine durch Reibungs-Elektricität nicht bewirkte Modificirung der Adhäsion, welche er in der Hauptsache unter folgende Sätze zusammenfafst: Sobald im galvanischen Procefs chemische Verwandtschaften erregt werden, enstehen zugleich erhöhte Intensitäten der Flächenanziehung. Der vermuthete Zusammenhang zwischen Adhäsion und chemischer Verwandtschaft erhält hierdurch eine bedeutende Bestätigung. Schon früher hatten Gerboin[3] und Helwig[4] ähnliche Erscheinungen beobachtet, ohne durch weiteres Verfolgen derselben auf einen Zusammenhang zwischen Galvanismus und Flächenanziehung geleitet zu werden[5]. *M.*

Aeolusharfe.

Windharfe; *Aeolus's Harp*, *Aeolian Harp;* ein Instrument, welches von Kircher erfunden seyn soll[6]. In-

1 G. XXVIII. 193.
2 G. XXXII. 262. XL. 5.
3 Ann. de Chim. XLI. 196. G. XI. 340.
4 G. XXXII. 289.
5 Vergl. *Absorption*, *Theorie.*
6 Dieser Schriftsteller redet von einem solchen Instrumente in seiner Phonurgia. p. 148. Vergl. G. X. 57.

Digitized by Google

zwischen wurde dasselbe erst seit Pope allgemeiner bekannt[1]. Dieser soll nämlich im Eustathius gefunden haben, dafs Saiten, vom Winde bewegt, harmonisch tönen, wodurch ein schottischer Componist, Oswald, veranlafst wurde, ein Instrument mit gespannten Saiten der Zugluft eines offenen Fensters auszusetzen, und dasselbe auch wirklich tönen hörte. Im Allgemeinen bedarf es blofs eines länglichten und schmalen mit einem dünnen Resonanzboden versehenen, hölzernen Kastens, auf welchen über zwei Stege an den schmalen Enden Darmsaiten (sogenannte a Saiten) gleichmässig und nicht zu stark gespannt, und dem Luftzuge eines offenen Fensters ausgesetzt werden, um verschiedene consonirende Töne zu erhalten. Am vortheilhaftesten werden sie verfertigt, indem man auf einen Rahmen von nicht ästigen tannenen Brettern, etwa vier F. lang, oben 6 — 7 Z. unten 4 — 5 Z. breit und 5 Z. hoch einen dünnen Resonanzboden leimt, über zwei nahe an den Enden aufgestellte 0,75 Z. hohe Stege 6 — 10 der genannten Saiten gleichstimmend spannt, und dieses Instrument lothrecht in ein wenig geöffnetes Fenster so stellt, dafs die Zugluft schräg gegen die Saiten stöfst. In den Oeffnungen zugiger Thürme oder Schlösser werden sie gleichfalls sehr vortheilhaft aufgestellt, und geben vorzüglich bei etwas stärkerem Luftzuge abwechselnd die allerschönsten harmonischen Töne durch eine, zwei oder sogar drei Octaven. Meistens werden alle Saiten gleich gestimmt, doch ist dieses nach verschiedenen Erfahrungen nicht durchaus nothwendig. W. Jones construirte eine verbesserte Aeolusharfe, indem er die Saiten und den auf die gewöhnliche Weise mit einem runden Ausschnitte versehenen Resonanzboden inwendig im Kasten anbrachte, auswendig aber noch einen Boden mit einem horizontalen Einschnitte befestigte, wodurch dieselbe tragbar gemacht wurde, und gegen den Wind bewegt oder gerichtet werden konnte.

Nach der Theorie des Klanges[2] ist es schwer zu erklären, durch welche Ursachen ganz gleich gestimmte Saiten,

1 W. Jones physiological disquisitions or discourses on the natural philosophy of the Elements. Lond. 1781. 4; Lichtenb. Taschenbuch zum Nutzen und Vergnügen. Gött. 1792. p. 137 — 145.

2 S. *Schall.*

Digitized by Google

bei denen alle die Höhe des Tones bedingenden Umstände gleich sind, durch die nämliche Ursache verschiedene Töne hervorbringen können. Vorzüglich hat M. Young[1] sich bemühet, hierüber Aufklärung zu erhalten. Er nahm deswegen von seiner Aeolsharfe alle Saiten bis auf eine weg, und beobachtete zu seiner nicht geringen Ueberraschung auch an dieser verschiedene Töne. Um dann die Gewifsheit zu erlangen, dafs die Saite wirklich verschiedene Schwingungsknoten habe, berechnete er, wohin diese bei einem wahrgenommenen Tone derselben fallen müfsten, berührte sie daselbst mit einem harten Körper, und der Ton hörte nicht auf, wohl aber, wenn die Berührung einen Schwingungsbogen traf. Zu mehrerem Beweise berührte er die ruhige Saite leise an einem berechneten aliquoten Theile, und brachte hierdurch künstlich veränderte Schwingungsknoten hervor, denen dann in vielen Fällen die beim neuen Windstofs erfolgenden Töne entsprachen.

Hieraus folgt, dafs der Luftstrom sowohl die ganze Saite, als auch aliquote Theile derselben schwingen macht, und man kann durch aufmerksame Beobachtung finden, dafs der Ton allmälig verändert wird, indem er leise anfängt, und verschiedene Höhen durchläuft, bis er die richtige Stimmung erhält. Diese wird höchst wahrscheinlich durch eine allein mögliche gleichmäfsige Abtheilung der Saite bewirkt, welche dann statt finden mufs, wenn kein Theil derselben völlig ruhen soll. Es entstehen demnach durch den leisen Luftdruck Abtheilungen in 2, 3, 4, u. s. w. Theile, und die diesen entsprechenden Töne, unter denen nur sehr selten disharmonische vorkommen, vielleicht weil sie nach den Gesetzen des Mittönens schwerer erzeugt, oder als zu leise nicht wahrgenommen werden. Manche sind vielleicht Combinationstöne, welche zugleich mit denen, aus deren Verbindung sie entstehen, wahrgenommen werden, eine Vermuthung, welche darin Unterstützung findet, dafs in der Regel erst ein Ton gehört wird, und dann die andern mit zunehmender Stärke nachfolgen.

---

1 An Inquiry into the principal Phenomena of sound and musical strings. Lond. 1784. 8. Nicholson J. III, 318. G. X. 57.

Digitized by Google

Wenn einige behaupten, dafs ungleich gestimmte Saiten von selbst eine gleiche Stimmung annähmen, so fehlt es für diese unwahrscheinliche Voraussetzung an genügenden Erfahrungen. Man kann übrigens die Aeolsharfe auch im Freien aufhängen, wo sie indefs weniger laut und harmonisch tönt, oder an einem Baume so befestigen, dafs der Wind sie schräg trifft[1]. Die von Langguth angegebene transversale Aeolusharfe unterscheidet sich im Wesentlichen hiervon nicht; sie ist in einem Kasten befindlich, an welchem zur Regulirung des Luftzuges Windklappen angebracht sind[2]. *M.*

Aequator.

Gleicher; Aequinoctialkreis; *Aequator; Circulus aequinoctialis;* Équateur; *Equinoctial;* ἰσημερινός bei Ptolemäus. Derjenige gröfste Kreis am Himmel, dessen geometrische Pole die Weltpole, die bei der Umdrehung der Himmelskugel ruhenden Pole, sind, heifst der Aequator. Jeder Punct im Aequator des Himmels ist 90 Grade von beiden Polen des Himmels, die man bei der Beobachtung als Mittelpuncte aller von den Sternen bei der täglichen Bewegung durchlaufenen Kreise kennen lernt, entfernt. Der Aequator theilt also die Himmelskugel in zwei genau gleiche Hälften, die nördliche und südliche Halbkugel (Hemisphearium boreale et australe.) Alle durch beide Weltpole gehende Kreise sind gegen ihn senkrecht, also der Mittagskreis, die Stundenkreise, die Adweichungskreise; alle übrigen gröfsten Kreise schneiden ihn in zwei einander gerade gegenüberstehenden, oder um 180 Grade von einander entfernten Puncten. Seine Durchschnittspuncte mit dem Horizonte, welche um 90 Grade vom Mittagskreise entfernt liegen, heifsen der Morgenpunct oder Ost und der Abendpunct oder West; den erstern hat der Beobachter links, den andern rechts, wenn er das Gesicht gegen Mittag kehrt. Da immer die genaue Hälfte des Aequators über dem Horizonte und die Hälfte unter dem Horizonte ist, so verweilen alle im Aequator stehende Gestirne eben so lange über als

1 Gilbert Ann. X. 60.
2 G. XV. 305.

unter dem Horizonte, und dieses ist nur so fern nicht ganz genau richtig, als vermöge der Strahlenbrechung das Verweilen über dem Horizonte um etwas verlängert wird. Deshalb sind Tag und Nacht gleich lang, wenn sich die Sonne im Aequator befindet, und dieses gilt für alle Orte auf der Erde. Von dieser Gleichheit hat er seinen Namen.

Die Puncte, wo der Aequator die scheinbare Sonnenbahn, die Ekliptik, schneidet, heifsen die Nachtgleichenpuncte, und zwar derjenige der Frühlingspunct, in welchem die Sonne am 21. März ankömmt, derjenige der Herbstpunct, zu welchem sie am 23. Sept. gelangt. Die tägliche Bewegung der Gestirne geschieht in Kreisen, welche Parallelkreise des Aequators sind; der Aequator selbst fällt also mit einem solchen Tagekreise zusammen.

Man theilt den Aequator in 360 Grade und fängt diese vom Frühlings-Nachtgleichenpuncte an von Abend über Süden nach Morgen zu zählen: diese Grade des Aequators sind es, welche die geraden Aufsteigungen der Gestirne angeben. Man zählt sie von Abend nach Morgen, weil dadurch die Folge der Zahlen, des ersten, zweiten Grades u. s. w. mit der Zeitfolge, wie sie zum Meridian gelangen, übereinstimmt; ein Stern, dessen gerade Aufsteigung mehr, als die eines andern beträgt, gelangt später zum Mittagskreise oder zu einem bestimmten Stundenkreise oder folgt dem Sterne, dessen gerade Aufsteigung weniger beträgt. Da die Sonne, der Mond und die Planeten nach eben der Richtung am Himmel fortrücken, nach welcher wir die Grade des Aequators zählen, so gelangen auch sie nach und nach zu gröfsern geraden Aufsteigungen, und nur als Ausnahme findet bei den Planeten zuweilen das Gegentheil, bei der anscheinend rückläufigen Bewegung, statt (obgleich dieses: rückläufig, eigentl. in Beziehung auf die Ekliptik zu verstehen ist.). Da wegen der genau gleichförmigen Umdrehung der Erde in gleichen Zeiten gleiche Bögen des Aequators durch den Meridian gehen, so gehen 15 Grade in einer Stunde, 15 Minuten in einer Zeit-Minute, 15 Secunden in 1 Zeit-Secunde durch denselben. Weifs man daher, welche Stunde, Minute, Secunde es in *Sternzeit* ist, das heist, wie viel Zeit seit dem Durchgange des Frühlingspunctes durch den Meri-

dian (in Sternzeit) verflossen ist, so findet man leicht, der wievielte Grad des Aequators jetzt im Meridian ist, oder wie grofs die gerade Aufsteigung der jetzt culminirenden Sterne ist. Man nennt dies: Sternzeit in Bogen des Aequators verwandeln, so wie man umgekehrt den Bogen des Aequators in Sternzeit verwandelt, wenn man aus Beobachtung des eben culminirenden Punctes des Aequators die Sternzeit bestimmt.

Um den Aequator des Himmels kennen zu lernen, braucht man nur einige in ihm stehende Sterne zu kennen; denn indem man diese in ihrer täglichen Bewegung verfolgt, oder sich ihre Stellung gegen irdische Gegenstände, zu irgend einer Zeit merkt, hat man Puncte, durch welche alle im Aequator stehende Sterne rücken müssen. Solche beinahe im Aequator stehende Sterne sind: der westlichste Stern im Gürtel des Orion, der Stern in der Brust des Antinous, die Sterne im Wassergefäfs des Wassermanns, (die jedoch etwas mehr südl. Abweichung als die vorigen haben,) Der Frühlings-Nachtgleichepunct hat keinen bedeutenden Stern in seiner Nähe; der Herbstpunct liegt beinahe 3 Grade westlich von dem mittleren hellen Sterne im unteren Flügel der Jungfrau. *B.*

Aequator der Erde.

Der Gleicher; die Linie; die Aequinoctiallinie; *Linea aequinoctialis;* Équateur de la terre; la Ligne; Ligne équinoxiale; *Equator*; *Line*. Der gröfste Kreis auf der Erdkugel, welcher von beiden Polen der Erde gleich entfernt liegt. Alle Puncte des Erd-Aequators liegen unter dem Aequator des Himmels, das heifst, es gehen die im Aequator des Himmels stehenden Sterne durch ihr Zenith. Des Erd-Aequators geometrische Pole sind die *Pole der Erde* oder die Endpuncte ihrer *Umdrehungs-Axe*. Diese Umdrehungs-Axe steht senkrecht auf der Ebne des Aequators. Die Mittagskreise auf der Erde sind senkrecht gegen den Aequator, weil sie durch seine Pole gehen. Der Aequator theilt die Erde in die nördliche und südliche Halbkugel (hemisphaerium boreale et australe); er geht durch die südlichen unbekannten Gegenden von

Digitized by Google

Afrika, so dafs Guinea nördlich von ihm bleibt, dann geht er durch die maldivischen Inseln, durch Sumatra, u. Borneo, geht nördlich an Neu-Guinea vorbei durch das Süd-Meer, schneidet Süd-Amerika in der Gegend von Quito und um den Ausflufs des Amazonenflusses.

Die Bewohner des Aequators sehen beide Himmels-Pole im Horizont; alle Gestirne verweilen bei ihnen 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizonte; daher ist bei ihnen immerfort der Tag der Nacht gleich; wenn die Sonne in einer der Nachtgleichenpuncte steht, so geht sie ihnen durch das Zenith; alle Sterne steigen dort vom Horizonte gerade, oder rechtwinklich herauf. Vom Aequator an zählt man auf der Erde die nördliche oder südliche geographische *Breite;* auf dem Aequator zählt man von einem willkürlichen ersten Meridian an die geographische *Länge,* und zwar pflegt man diese von dem gewählten ersten Mittagskreise an nach Osten und nach Westen zu zählen, jedoch zählen einige Schriftsteller die Länge von Westen nach Osten bis zu 360 Graden fort, wo dann eine westliche Länge von 310 Graden mit einer östlichen Länge von 50 Graden einerlei ist. Die tägliche Umdrehung der Erde erfolgt nach der Richtung des Aequators, das ist, jeder Punct auf der Erde durchläuft in einem Tage einen mit dem Aequator parallelen Kreis.

Der Name *Aequator, Gleicher,* ist von der unaufhörlich dort gleichen Länge des Tages und der Nacht hergenommen. Die Linie heifst er bei den Schiffern, weil er als die wichtigste Linie auf der Erde in manchen Beziehungen anzusehen ist. Daher die Ausdrücke, die Linie passiren u. s. w.

B.

Aequator, magnetischer.

So nennt man in der Lehre vom Magnetismus der Erde diejenige in sich selbst zurücklaufende Linie in der Nähe des geographischen Aequators, in welcher die *Magnetische Neigungsnadel horizontal* liegt. Sie ist die Linie des Gleichgewichts zwischen den magnetischen Kräften beider Erdhälften, und geht im atlantischen Meere bis 12 Grade südlich vom Erdäquator, und eben so viel nördlich im Indischen Ocean

Digitized by Google

zwischen Ceylon und der Ostküste von Afrika; sie durchschneidet mithin den Erdäquator in 20° östlicher und in ungefähr 140° westl. Länge von Greenwich. Die andern Linien gleicher Neigung sind dieser Indifferenzlinie so ziemlich parallel[1]. *H.*

Aequatoreal.

Circulus aequatorealis; Äquatorial; *Equatorial, universal.* Ein Instrument, welches zugleich eines Gestirnes Abweichung und den Unterschied zwischen seiner und des Zeniths gerader Aufsteigung angiebt. Es besteht zu diesem Zwecke aus zwei ganzen Kreisen, deren einer mit dem Aequator des Himmels parallel gestellt wird, der andre in jeder seiner Stellungen senkrecht gegen die Ebne des erstern ist, und also mit einem Abweichungskreise zusammenfällt. In der Figur ist A B die Axe, um welche das ganze Instrument gedreht wird, während diese Axe selbst ihre Lage unabänderlich behält. Mit dieser Axe fest verbunden ist der Aequatorealkreis, D C, dessen Ebne senkrecht gegen sie seyn mufs, und dessen Mittelpunct genau centrirt mit der geometrischen Mitte der Axe zusammenfällt. Der zweite Kreis E F ist ebenfalls mit der Axe fest verbunden, seine Ebene ist mit ihr parallel und steht zugleich so, dafs sie parallel mit der Nulllinie des ersten Kreises ist. Um den Mittelpunct des zweiten Kreises dreht sich, mit der Ebne dieses Kreises parallel, ein Fernrohr, dessen Stellung durch gehörig angebrachte Indices auf dem getheilten Rande des zweiten Kreises angegeben wird. Fig. 35.

Bei der Aufstellung des Instruments mufs die Axe vollkommen genau der Welt-Axe parallel gestellt werden oder genau gegen den Pol des Himmels gerichtet seyn; alsdann befindet sich der erste Kreis in der Ebne des Aequators, und zwei einander diametral gegenüber stehende Indices G, H, die zugleich mit Nonien für die Theilung des ersten Kreises versehen sind, bezeichnen die beiden im Meridian stehenden Puncte dieses Kreises. Richtet man also das Fernrohr, durch Drehung des ganzen Instruments um die Axe und Fortschiebung des Fernrohrs, auf einen Stern, und befestiget es

1 Siehe die magnetische Neigungskarte; Art. *Neigung.*

Digitized by Google

in dieser Stellung, so geben die erwähnten Indices auf dem Rande des ersten Kreises an, um wieviel Grade Min. Sec. in Rectascension der Stern vom Meridian absteht; dagegen giebt der mit dem Fernrohre verbundene, auf dem Rande des zweiten Kreises sich fortschiebende Index die Declination an, indem die Theilung dieses Kreises ihr Null in einer mit dem ersten Kreise parallelen Linie hat.

Dieses Instrument gewährt, wenn es sehr genau aufgestellt ist, den Vortheil, auch aufser dem Meridian dieselben Bestimmungen zu geben, welche der Mittagskreis nur für den Augenblick des Durchgangs durch den Meridian gestattet. Insbesondre ist nach von Zach[1] das Instrument seit der Entdeckung der neuen Planeten unentbehrlich geworden, die man so oft dann zu beobachten wünscht, wenn sie im Meridian nicht beobachtet werden können. Eben das gilt auch von Kometen, die doch nur selten im Meridian können gesehen werden. Zur Berichtigung der Stellung und zur Prüfung, ob entweder das Instrument irgendwo fehlerhaft, oder die Aufstellung nicht ganz genau sey, dienen ähnliche Beobachtungen, wie beim Mittagskreise, daher ich auf die dort umständlicher zu erwähnenden Mittel zur Berichtigung verweise.

Die Utzchneider- und Frauenhofersche Officin verfertigt das Aequatoreal mit einer 45 Zoll langen Axe, und Kreisen von 24 Zoll Durchmesser. Der mit dem Aequator parallele Kreis giebt vermittelst zweier Nonien einzelne Zeitsecunden, der Abweichungskreis giebt die Declinationen auf 2 Sec. an. Das achromatische Fernrohr hat 30 Zoll Brennweite und 28 Linien Oeffnung, es ist mit einem Kreismikrometer und einem Fadenmikrometer versehen, letzteres zum Repetiren. Ein solches Instrument, nach welchem die Abbildung verfertigt ist, kostete vor einigen Jahren 2000 Gulden; aber seitdem sind die Preise erhöhet. — von Zach[2] macht die Bemerkung, dafs die allerdings schöne Eintheilung des mit dem Aequator *parallelen* Kreises das Instrument ohne Noth vertheure, indem hier eine Theilung von Minute zu Minute ausreichen würde, weil die strenge Bestimmung der Rectascension doch

1 Corresp. astron. I. 451.
2 Corresp. astron. I. 455.

Digitized by Google

auf andre Weise zu geschehen pflege, und dieser Kreis fast nur um das Gestirn zu finden, einer Theilung bedürfe. An eben dem Orte theilt von Zach auch die Geschichte dieses Instruments mit, das erst seit 1730 in Gebrauch gekommen ist. Beschreibungen davon haben Lalande[1], Short[2] und Nairne[3] gegeben. *B.*

Aequatorshöhe.

Elevatio aequatoris; Hauteur méridienne de l'équateur; *Elevation of the Equator;* ist die Höhe, in welcher der Aequator den Mittagskreis schneidet. Die Aequatorshöhe ergänzt die Polhöhe zu 90 Graden, oder ist gleich dem Abstande des Poles vom Zenith, weil der Bogen des Mittagskreises, welcher zwischen Pol und Aequator liegt, eben so gut, als der, welcher zwischen Zenith und Horizont liegt, 90 Grade beträgt. Die Aequatorshöhe ist auch gleich dem Winkel, welchen der Aequator mit dem Horizonte macht, oder ist das Mafs dieses Winkels, weil die vom Einschnittspuncte des Aequators in den Horizont bis an den Meridian sich erstreckenden Bögen des Aequators und Horizontes 90 Grade betragen, und der Meridian senkrecht gegen beide Ebnen des Horizontes und des Aequators ist. *B.*

Aequinoctialkreis s. Aequator.

Aequinoctialpuncte s. Nachtgleichepuncte.

Aequinoctium s. Nachtgleiche.

Aërometrie.

Aërometria; Aérometrie; *Aerometry*[4]. Man versteht hierunter im Allgemeinen alles, was zum Ausmessen oder Bestimmen der Luft, ihres Wesens oder ihrer Bestandtheile, ihrer Zusammensetzung und ihrer Veränderungen

1 Astronomie par de La Lande. Vol. II. p. 626. 3me Edit.

2 Philos. Transact. for 1749. XLVI. p. 241.

3 Philos. Transact. for 1771. LXI. p. 107.

4 Man gebraucht zuweilen die Ausdrücke: *Aërographie* und *Aërologie*, deren Bedeutung indefs leicht erklärlich, ihre Einführung als gebräuchliche Kunstausdrücke aber nicht wünschenswerth ist.

Digitized by Google

gehört, also die Gesetze ihrer Mischung, ihres Gleichgewichts und ihrer Bewegung. So lange die atmosphärische Luft, und alles was in ihrer wesentlichen Eigenschaft, der Expansibilität, ihr ähnlich ist, für ein Element oder wenigstens einen einfachen Körper galt, kannte man blofs Aërometrie. Seitdem man aber eingesehen hat, dafs es aufser den Dämpfen noch eine Menge Substanzen giebt, welchen diese wesentliche Eigenschaft der Expansibilität gleichfalls zukommt, unterscheidet man Aërometrie und Gasometrie. Obgleich übrigens die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung eben so gut für jede Gasart als für die sogenannte atmosphärische Luft nachgewiesen werden könnten, so ist doch die letztere eigenthümliche Mischung zweier Gasarten ihrer allgemeinen Verbreitung wegen am meisten dazu geeignet, und gleichsam im Besitze des Vorzugs, bei diesen Demonstrationen ausschliefslich berücksichtigt zu werden. Die Gasometrie abstrahirt daher von der Demonstration dieser Gesetze, und begnügt sich mit der Untersuchung dessen, was rücksichtlich der chemischen Beschaffenheit, der Mischungsverhältnisse, der Ausdehnung, des specifischen Gewichtes, überhaupt der qualitativen Verhältnisse der verschiedenen expansibelen Flüssigkeiten wissenswürdig ist. Indem somit bei der Demonstration der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung expansibeler Flüssigkeiten die atmosphärische Luft allein berücksichtigt wird, diese aber als schwerer und flüssiger Körper den allgemeinen Gesetzen der Statik und Mechanik unterworfen seyn mufs; so unterscheidet man als einzelne, unter die Aërometrie im Allgemeinen gehörige Theile die *Aërostatik* und *Pneumatik*, eben wie Hydrostatik und Hydraulik; und insofern die Luft, wie das Wasser, sowohl durch Druck als auch durch Bewegung eine mechanische Gewalt ausübt, und nicht anders als durch eine Kraftanwendung selbst bewegt werden kann, so ist dem Ausdrucke Hydrodynamik der ähnliche der *Aërodynamik* nachgebildet. Obgleich es indefs zweckmäfsig seyn könnte, in einem vollständigen Werke über die Mechanik auch die Aërodynamik abzuhandeln, so darf man sich doch in einem physikalischen Wörterbuche dreist auf die Aërostatik und Pneumatik beschränken, um dasjenige abzu-

Digitized by Google

handeln, was zur Aërometrie gehört. Hierunter, und unter den Artikeln: Atmosphäre der Erde und *Luft* findet man daher dasjenige, was zur Aërometrie gehört[1].

M.

Aëronautik.

Luftschiffahrtskunde, begreift alle diejenigen Untersuchungen, welche sich auf die Regierung aërostatischer Maschinen beziehen. Aus aërostatischen Grundsätzen[2] nämlich folgt, dafs die beiden Arten der aërostatischen Maschinen, sowohl die Montgolfieren, als auch die Charlieren unter den gehörigen Bedingungen mit einer gewissen Hebungskraft, welche der Differenz ihres Gewichtes und des Gewichtes der durch sie verdrängten Luft direct proportional ist, aufsteigen müssen, bis diese Differenz = 0 wird, und sie in der Luft statisch schwimmen. Sobald die Möglichkeit der Aufgabe, beträchtliche Lasten in die Höhe zu heben, durch beide genannte Arten von Aërostaten erwiesen war, suchte man die gepriesene Erfindung weiter zu benutzen, und strebte nach Mitteln, die neu erfundenen Maschinen nach Willkühr zu regieren. Wie bei den Schiffen nur eine Art der Bewegung in Betrachtung kommt, nämlich die horizontale, erfordern die Aërostaten zwei, nämlich die verticale und die horizontale, welche zur deutlichen Uebersicht einzeln untersucht werden müssen.

Für die verticale Richtung hat man verschiedene Mittel angegeben, die Erfahrung hat aber in Uebereinstimmung mit der Theorie gezeigt, dafs nur eines, dieses aber mit völliger Sicherheit angewandt werden kann. Bei den Charlieren bedienten sich anfangs die Aëronauten des Mittels, Ballast mitzunehmen, und stiegen höher, indem sie Ballast auswarfen, oder sanken herab, indem sie Wasserstoffgas aus dem Ballon entweichen liefsen. Weil aber beides, wenn es einmal entfernt ist, nicht wieder ersetzt werden kann, so that man andere, sehr unzulässige Vorschläge, z. B. Luft in Gefäfsen zu comprimiren, welches aber ein viel zu gerin-

1 Vergl. allgemeine aërometrische Grundsätze von Tralles bei G. XXVII. 400.

2 S. *Aërostatik*, *Aërostat*.

ges Gewicht giebt, oder in dem grofsen Ballon einen kleineren anzubringen, und diesen durch eingeblasene Luft auszudehnen, welches aber gar keinen Nutzen hat, und blofs dazu dienen kann, das Platzen des Ballons ohne Verlust von Wasserstoffgas zu verhüten. Man hat auch vorgeschlagen, ein blechenes Rohr in der Axe des Ballons anzubringen, und durch Erhitzung desselben das Wasserstoffgas im Ballon auszudehnen. Allein die Feuerung in einem solchen Rohre dürfte gefährlich seyn, und die Anbringung desselben ist aufserdem mit grofsen Schwierigkeiten verbunden. Tetu-Brissy[1] that daher den Vorschlag, den Ballon durch die lothrechte Bewegung eines umgekehrten Fallschirms, welcher sich beim Herablassen zusammenfaltet, beim Aufziehen aber ausspannt, herabzuziehen, allein dieses Mittel ist zu unwirksam wegen der baldigen unausbleiblichen Ermüdung der Aëronauten. Eben dieses läfst sich gegen die Anwendung lothrecht geschwungener Flügel einwenden, welche vorzüglich der Graf Zambeccari anzuwenden versuchte. Sie bestanden bei seiner ersten Luftfahrt aus einem 6,5 F. langen, nach Aufsen breiter werdenden und mit 15 Quad. F. Seidenzeug überspannten Rahmen, lagen mit dem cylindrischen Style in einem eisernen Ringe mit horizontal liegender Axe, welche sich in Pfannen drehte, so dafs sie in jede Lage gebracht werden konnten, und somit beim Herablassen mit der schmalen Seite die Luft durchschnitten, beim Heraufziehen aber mit der breiten Fläche gegen dieselbe bewegt wurden[2]. Hieraus ergiebt sich also, dafs es für die Charlieren, als solche, kein zweckmäfsiges Mittel für die verticale Bewegung giebt. Weit leichter ist dieses für Montgolfieren aufzufinden, indem es ganz einfach in dem Principe ihres Steigens überhaupt liegt. Wenn nämlich die Aëronauten das Feuer in der Glutpfanne, oder die Zahl der brennenden Weingeistlampen vermehren, steigen sie auf, wenn sie ersteres aber vermindern, oder die letzteren durch eigends hierzu verfertigte Deckel auslöschen, so sinken sie herab. Schon Pilatre de Rozier hatte eine solche Fer-

1 Journ. de Paris. an VIII. Therm. 1.
2 G. XVII. 343.

tigkeit in der Anwendung dieses Mittels erlangt, dafs er die feinsten Abwechselungen des Steigens und Fallens ganz in seiner Gewalt hatte. Eben dieser verband auch beide Arten der aërostatischen Maschinen so mit einander, dafs er unten an eine Charliere eine Montgolfiere befestigte, und indem der gröfste Theil der Last durch die erstere getragen wurde, bestimmte er die lothrechte Bewegung durch die letztere. Man nannte sie *Carolo - Montgolfieren.* Einer solchen bediente sich der unglückliche Erfinder derselben bei seiner letzten Luftfahrt, ohne dafs jedoch, wie es scheint, die Ursache des Mifsgeschicks in dieser Verbindung, sondern vielmehr in der zufälligen Entzündung des Ballons zu suchen ist. Vermittelst dieser Maschinen kann der Aëronaut die lothrechte Bewegung ganz nach Willkühr bestimmen, indem bei der zweiten Luftreise des Grafen Zambeccari am 22. August 1804 das Anzünden eines einzigen Flämmchens den Ballon in wenigen Secunden steigen, das Auslöschen desselben aber nach etwa einer Minute sinken machte[1]. Ein Umstand ist indefs hierbei wohl zu berücksichtigen, welcher die Anwendung dieses Mittels mindestens sehr erschwert: nämlich das Schwanken der Gondel bei plötzlichen Windstöfsen, welches so heftig seyn soll, dafs die Aëronauten Gefahr laufen, aus derselben geschleudert zu werden, und dafs auf allen Fall der Weingeist leicht überläuft und sich, und somit auch die Montgolfiere entzündet[2]. Soll daher dieses, übrigens völlig zureichende, Mittel mit Sicherheit angewandt werden, so müfste man die hieraus entspringende Gefahr durch irgend eine zweckmäfsige Vorrichtung zu vermeiden suchen. Die ungleich geschwinde Bewegung des Ballons und der Gondel bei plötzlichen Windstöfsen, und die hieraus hervorgehende schiefe Richtung der lothrechten Axe beider entsteht übrigens ohne Zweifel daher, weil der Einfluss des Luftstofses gegen den specifisch leichteren Ballon anders ist als gegen die schwerere Gondel.

Diese Schwierigkeit ist indefs sehr unbedeutend gegen die bis jetzt wenigstens noch anscheinende Unmöglichkeit der

1. G. XVII. 168.
2. ib. 163.

Auffindung eines Mittels, die horizontale Bewegung der Aërostaten zu bestimmen. Zwar wurde kurz nach ihrer Erfindung erzählt, dafs Vallet und Alban, Directoren der chemischen Officin zu Javelle bei Paris den 25. Aug. 1785 eine Luftreise von Javelle nach St. Cloud gemacht, sich an dem bestimmten Orte niedergelassen hätten, und am Abend durch willkührliche Lenkung des Ballons in entgegengesetzter Richtung wieder zurückgekehrt wären[1], allein alle späteren Versuche beweisen das Gegentheil dieser Behauptung. Man hat gleich anfangs die Mittel der horizontalen Lenkung aus der Schiffahrt entlehnen wollen; wenn man aber berücksichtigt, dafs hierbei drei Kräfte gegeben sind, nämlich die Adhäsion des Schiffes am Wasser, der Widerstand des Wassers und der Stofs des Windes, wovon hauptsächlich die beiden letzten vielfache Combinationen darbieten, dafs aber bei der Aëronautik nur eine Kraft, nämlich der Stofs des Windes gegeben ist; so begreift man bald, dafs hierdurch die Richtung des Ballons allein bestimmt wird, mithin keine Steuerruder und Segel anwendbar sind, weil diese gleichfalls die Bewegung des Windes annehmen, und der Aëronaut daher beim heftigsten, aber gleichmäfsigen Sturme sich scheinbar in völliger Windstille befindet, und dafs durchaus noch eine zweite Kraft zur Erlangung der Bewegung in der Diagonale erforderlich ist. Dennoch wurden *Steuerruder* und *Segel* in Vorschlag gebracht, als die Akademie zu Lyon 1784 einen Preis für die Lösung des Problems der horizontalen Lenkung der Aërostaten festgesetzt hatte. Nicht minder unnütz und noch unausführbarer ist die Anwendung der Schaufelräder nach Palmer[2] und Danzel[3]. Besser war der Vorschlag der *Ruder*, welche auf verschiedene Weise construirt gegen die Luft geschwungen wurden. Mit ganz einfachen wollen die Gebrüder Robert den 19. Sept. 1784 eine Abweichung von 22° von der Richtung des Windes hervorgebracht haben. Noch gröfser soll die Wirkung gewesen seyn, welche Vallet und Alban den 29. August

1 Journ. de Paris. Aug. 1785.

2 Récherches sur l'art de voler. par M. David, Bourgois, p. 87.

3 Journal d. neuesten Weltbegebenheiten Altona 1797. Ht. 8.

1785 erreicht haben wollen, doch sind ihre Angaben sehr unbestimmt und problematisch. Blanchard gebrauchte zuweilen Ruder, allein es ist bekannt, dafs seine Angaben eben so unzuverlässig sind, als es ihm an den nöthigen physikalischen Kenntnissen zur wissenschaftlichen Behandlung der Aëronautik gänzlich mangelte. Lunardi construirte seine Flügel mit Klappen, welche sich beim Schwingen ausbreiteten, beim Zurückziehen zusammenfalteten. Zambeccari richtete seine eben erwähnten Ruder so ein, dafs sie sich beim Zurückbewegen von selbst auf die scharfe Seite wandten, und wollte sie sowohl für die verticale als auch für die horizontale Richtung der Ballons benutzen. Eine leichte Rechnung zeigt inzwischen, dafs die Ruder zwar wohl einigen Effect haben können, dafs dieser aber selbst bei mäfsigem Winde unbedeutend, bei heftigem fast ganz verschwindend ist. Angenommen nämlich, der Aëronaut machte in jeder Secunde einen Schlag mit dem Ruder, und wäre vermögend, der ganzen Masse hierdurch die Bewegung von einem Fufs zu geben, welches bei dem grofsen Gewichte eines Luftballons nebst Zubehör weit mehr ist, als wirklich geleistet werden kann; so würde bei einem mäfsigen Winde von 12 F. in einer Secunde die Abweichung doch nur 4° 46′ 50″; bei 30 F. Geschwindigkeit des Windes aber nur 1° 54′, 5″ und bei 60 F. nur 57′ 18″ betragen.

Eine genaue Berechnung des Effects der Ruder giebt Hutton [1]. Durch Versuche hat derselbe gefunden, dafs eine Kugel von $6\frac{3}{8}$ Z. Durchmesser, welche sich mit 20 F. Geschwindigkeit in der Luft bewegt, einen Widerstand von 1 Unze avoir du poids Gewicht leidet; dafs ferner der Widerstand der Flächen im einfachen und der Geschwindigkeiten im quadratischen Verhältnisse direct proportional ist. Nimmt man also einen Ballon von 35 F. Durchmesser mit 20 F. Geschwindigkeit; so würde er 271 Pfd. erfordern, um bewegt, oder in der gegebenen Bewegung aufgehalten zu werden. In höheren Regionen nimmt zwar diese Kraft ab, in gleichem Verhältnifs aber auch die Kraft der zu seiner Ablenkung bestimmten Ruder, und die Geschwindigkeit

1 Dict. I. 46.

Digitized by Google

derselben bleibt die nämliche. Schwänge also ein Aëronaut in einem solchen Ballon ein Ruder von 100 Quadratfuſs Fläche, so müſste er dieses mit der ungeheuern Geschwindigkeit von 62 F. in 1″ bewegen, um ihn zum Stillstehen zu bringen, oder mit seiner eigenthümlichen Geschwindigkeit in einer Richtung von 45° mit der ursprünglichen des Windes zu bewegen, woraus die Unthunlichkeit des Vorschlags evident hervorleuchtet. Hierzu kommt indeſs noch ferner, daſs jeder Ballon so leicht um seine Axe rotirt, und daſs deswegen die Richtung der ihm zu gebenden Ablenkung nicht constant seyn kann. Hieran scheitern ferner sowohl der ohnehin ungenügende Vorschlag Montgolfier's, durch eine kleine Oeffnung an einer Seite des Ballons das Gleichgewicht zu stören[1], als auch die Vorschläge anderer, durch die Reaction von Aeolipilen oder Racketen auf dem Rande der Galerie eine Abweichung von der Richtung des Windes hervorzubringen[2], u. dgl. m. An eine Bewegung *gegen* die Richtung des Windes, wenn dieser nur stwas stark ist, kann nach der mitgetheilten Berechnung Hutton's überall nicht gedacht werden. Der Vorschlag endlich, durch einen groſsen Magnet die horizontale Richtung des Ballons zu bewirken[3], verdient keine eigentliche Widerlegung. Alle diese Vorschläge sind in der Voraussetzung gemacht, daſs ein runder Ballon mit anhängender Gondel zu regieren sey. Andere gründeten die Lösung des Problems auf die individuelle Bauart der Luftschiffe. Schon 1784 wurde auf Veranlassung der Academie zu Dijon eine Maschine gebauet, welche den Ballon in der Mitte, vorn eine Art Schiffschnabel, hinten ein Steuerruder und zu beiden Seiten gemeine Ruder hatte. Zwei Aëronauten, Morveau und Virly stiegen damit auf und wollen einigemale den Wind durchschnitten haben, allein der Erfolg muſs zu unbedeutend gewesen seyn, als daſs man eine Wiederholung nützlich gefunden hätte[4]. Kramp schlug anfangs eine schiefe Fläche als das-

1 Faujas de St. Fond. II. 109.

2 Voigts Mag. IX. 287. Zachariae: die Elemente der Luftschwimmkunst. p. 7, wo noch mehrere Vorschläge geprüft werden.

3 Nov. Act. Pet. XIII. Hist. p. 35.

4 Description de l'aërostate. à Dijon et à Paris chez Causse. 1784.

Digitized by Google

jenige Mittel vor, welches beim Durchschneiden der Luft die Erreichung einer beliebigen Richtung gewähren würde[1]. Später bringt er die verlängerte Form des Aërostaten, Steuerruder, Segel und Ruder für diesen Zweck in Vorschlag[2]. Der Verfasser eines Aufsatzes im Gothaschen Magazin[3] schlägt gleichfalls die länglichte Figur vor, welche durch ein Gerüst im Innern des Aërostaten hervorgebracht werden müfste, ein Steuerruder aus einem kleineren Ballon bestehend, ein spitzes Vordertheil mit weichen Substanzen, als Baumwolle und Federn, um die Gewalt des Windes zu besänftigen, hauptsächlich aber grofse Ventilatoren am Hintertheile des Aërostaten, deren Bewegung durch den entgegenwehenden Wind den Ballon vorwärts treiben soll. Der Graf Milly[4], später der Baron v. Scott[5] und zuletzt Zachariae[6] glauben, die horizontale Lenkung der Luftschiffe könne dadurch erreicht werden, dafs man ihnen die Gestalt eines Fisches gäbe. Letzterer insbesondere will das Ganze aus drei verbundenen Ballons zusammensetzen, diesem Steuerruder, Segel und Ruder geben, und fügt zugleich eine Berechnung über die Dimensionen und das Gewicht des Gerüstes, der Hüllen, der Armatur und der Belastung hinzu, nach welcher die drei Ballons der sehr zusammengesetzten Maschine, einer 48 und zwei 36 F. Durchmesser haben sollen, ohne dafs auf die Verminderung des Raumes durch die Gerüste, das Gewicht der erforderlichen Netze überhaupt, und den nicht aufgeblasenen Theil der Ballons gehörige Rücksicht genommen ist.

Der Vorschlag eines grofsen Ellipsoids mit metallener Oberfläche und einer Montgolfiere im Innern von Corti verlangt eine so sehr zusammengesetzte und in mehrfacher

1 Lichtenberg Mag. III. 1. 172.

2 Geschichte d. Aërostatik II. 351.

3 Lichtenberg Mag. III. 1. 73. Quelques Vues sur les machines aérostatiques. Nach Lichtenberg in Erxlebens Naturlehre 1794 S. 232 der Coadjutor v. Dahlberg.

4 Faujas de St. Fond. II. 315.

5 Aérostat dirigeable à volonté, par le Baron de Scott, Capitaine de dragons. Par. 1789.

6 Die Elemente der Luftschwimmkunst. Von A. W. Zachariae, Lehrer an d. Schule Kloster Rofsleben. Wittenb. 1807. S. 205 ff.

Digitized by Google

Hinsicht so unausführbare Maschine, dafs eine genauere Erörterung desselben überflüssig seyn würde. In der Hauptsache soll nämlich der ellipsoidische Ballon eine dreimal so grofse verticale Axe haben, als horizontale, und indem dann der ersteren durch ungleiche Gegengewichte eine gegen die Falllinie geneigte Richtung gegeben, der Ballon aber vermittelst der Montgolfiere auf diese Weise abwechselnd schnell zum Steigen und Sinken gebracht wird, so soll die hierbei hervorgebrachte Richtung der grofsen Axe in Verbindung mit andern Vorrichtungen schiefer Flächen in Form von Fallschirmen die Bahn des Ballons bedingen. Die Unausführbarkeit dieser Idee begreift man leicht, indefs ist dieselbe durch einen weitläuftigen, sehr gelehrten Calcül von F. Mossotti[1] erläutert.

Alle diese Vorschläge setzen aber irrig eine schon gegebene Bewegung der Luftschiffe gegen den Wind, oder die Luft und einen hierdurch erzeugten Widerstand voraus. Berücksichtigt man aber das oben Gesagte, nämlich dafs jeder Aërostat mit allen seinen Theilen bald nach seinem Aufsteigen die ganze Geschwindigkeit der Luftbewegung annimmt, und sich somit gleichsam in einem ruhigen Medio befindet, so ergiebt sich bald, dafs die Form von gar keinem Einflusse ist, es wird eben so wenig eine willkührliche Richtung dadurch hervorgebracht werden können, als es möglich ist, dafs ein Schiff ohne Segel und Ruder blofs durch sein schief gestelltes Steuerruder sich aus einem Meerstrome herausarbeiten kann. Blofs die rotatorische Bewegung würde zwar nicht ganz wegfallen, aber doch sehr vermindert werden, und wäre es dann möglich, durch Ruder oder vielmehr geschwungene Flügel der Maschine eine andere Bewegung als die des Luftstromes zu geben, welches aber durch die Gröfse der zu bewegenden Last nach obiger Berechnung kaum denkbar ist, so würde allerdings die Richtung derselben durch Steuerruder, schiefe Flächen u. dgl. bedingt werden. Hauptsächlich aber wäre noch die Lage des Schwerpunctes unter dem Widerstandspuncte der ganzen Maschine sehr zu berücksichtigen, um Schwankungen derselben, und

1 Brugnat. Giorn. Dec. II. IV. 415.

Digitized by Google

sogar das Umschlagen, wie beim Fallschirme, zu vermeiden [1].

Beiweiten am zweckmäfsigsten ist der Vorschlag, welchen schon Montgolfier äufserte [2], weit ernstlicher aber der Graf Zambeccari auszuführen versuchte, nämlich durch willkührliche Bestimmung der lothrechten Bewegung der Aërostaten von den in ungleichen Höhen verschiedenen Luftströmungen diejenige, oder diejenigen zu benutzen, deren Richtung der Absicht der Aëronauten entspricht. Da die Luftströmungen in der Regel selbst in mäfsigen Höhen ganz entgegengesetzte Richtungen haben, so liefse sich dieses Mittel ohne Zweifel mit dem besten Erfolge anwenden, wenn nur die Aërostaten selbst durch die Unveränderlichkeit ihrer Steigkraft eine länger dauernde Benutzung gestatteten, denn in diesem Falle würde sich wegen der aufserordentlichen Geschwindigkeit ihrer Bewegung vielleicht grofser Nutzen durch Reisen in unzugängliche Länder von ihnen ziehen lassen [3].

Die Werkzeuge, welche die Aëronauten bei ihrem Aufflügen mitnahmen, gehören, aufser einem Barometer und Thermometer zur Bestimmung der erreichten Höhe, nicht eigentlich zur Aëronautik, sondern sind im Allgemeinen physikalische Instrumente für die verschiedenen Beobachtungen. Zwei eigenthümlich zur Aëronautik gehörige Vorrichtungen, deren sich der Graf Zambeccari bei seiner ersten Luftfahrt bediente, verdienen indefs wenigstens des historischen Interesses wegen erwähnt zu werden. Das erste, *Anemometer* genannt, bestand aus einer Art Waage mit einem horizontal liegenden Windflügel. Indem die Luft beim Aufsteigen des Ballons gegen diesen den Quadraten der Geschwindigkeit proportional wirkte, und ihn niederdrückte,

1 S. *Fallschirm.*

2 Faujas de St. Fond. II. 125. Lichtenb. Mag. III. 1. 172.

3 Melzl's neueste Vorschläge in Dinglers Journ. XIV. 63, die Luftballons durch Segel an einem herabhängenden langen Seile zu regiren, sind aus vielen Gründen, und schon deswegen unanwendbar, weil ein biegsames Seil auf die Länge von mehreren hundert Lachtern um seine Axe durch die geringste Kraft drehbar ist, mithin überhaupt keine Segel gestattet.

Digitized by Google

mufste das Gleichgewicht am andern Arme durch ein verschiebbares Gewicht hergestellt werden. Aus der Entfernung des Gewichtes vom Mittelpuncte wollte er dann die in gegebenen Zeiten lothrecht durchlaufenen Räume nach vorher entworfenen Tabellen bis auf 3 F. in 1″ berechnen. Da aber Barometer und Uhr diese Gröfsen viel genauer und sicherer angeben, so ist diese Vorrichtung überflüssig. Das zweite nannte er *quadrante a polso*. Dieser *Quadrant* sollte in der Ebene der Richtung des Ballons so gehalten werden, dafs das Bleiloth desselben auf 0 stand, während der Aëronaut durch das auf 45° gerichtete Diopterlineal auf einen Gegenstand der Erde visirte. Die Höhe des Barometers gab dann die verticale Höhe, und vermittelst dieser der Quadrant die horizontale Entfernung des Punctes, über welchem der Ballon sich befand, von dem gesehenen Gegenstande, die Zeit aber, bis der letztere lothrecht unter dem Aërostaten war, die horizontale Geschwindigkeit [1]. Eine beim Aufsteigen der aërostatischen Maschinen oft vorkommende, der Berücksichtigung sehr werthe Erscheinung ist das Rotiren derselben um ihre Axe, welches vom ungleichen Widerstande der Luft kommt. Garnerin bemerkte dieses bei seinem Aufsteigen am 10. Juli 1798 [2], der Akademiker Sacharow und vorzüglich auch Biot und Gay-Lüssac [3]. Dafs hierauf bei der Anwendung der Aërostaten zu irgend einem Zwecke Rücksicht genommen werden müsse, ergiebt sich von selbst. Ein wesentlicher, gleichfalls nicht zu übersehender Umstand für die praktische Anwendung liegt endlich in der ungeheuern Gewalt, womit der Ballon im Verhältnifs seiner Gröfse vom Winde getrieben wird. Nach Huttons oben mitgetheilter Berechnung erfordert ein Ballon von 35 engl. F. Durchmesser bei einem Winde von 20 F. Geschwindigkeit 271 Pfd. Kraft, um festgehalten zu werden. Hierbei ist aber auf den Luftdruck gegen die Gondel und die Aëronauten keine Rücksicht genommen. Rechnen wir statt dessen in genähertem Werthe 300 Pfd., und

1 G. XVII. 344.
2 G. XVI. 18. Voigts Mag. I. 121.
3 ib. XX. 1 ff.

Digitized by Google

die Kraft, welche ein Pferd zu überwinden vermag, zu 200 Pfd.; so würde ein solcher Ballon bei der angegebenen Geschwindigkeit des Windes 1,5 Pferde, bei 40 F. Geschwindigkeit 6 Pferde, bei einem Sturmwinde von 60 F. Geschwindigkeit aber 13,5 Pferde, und bei doppelt so grofsem Durchmesser das Vierfache der angegebenen Zahl erfordern, um gegen den Wind festgehalten zu werden.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Aërostaten zuweilen fortgetrieben werden, ist aufserordentlich grofs, läfst sich aber aus der Kürze der Zeit, in welcher selbst mäfsige Winde grofse Räume durchlaufen, sehr gut erklären. Der Ballon, in welchem Garnerin und der Capitän Sowdon 1802 von London nach Colchester fuhren, legte 17,5 deutsche Meilen in einer Stunde zurück [1]. Robertson's Ballon in Hamburg, der nämliche, welcher bei Fleurus gedient hatte, durchlief fast 10 deutsche M. in derselben Zeit [2]. Ein in Gröningen den 16. Jun. 1804 aufsteigender kleiner Ballon fiel nach höchstens 12 Stunden bei Halle nieder, und durchlief fast 5 Meilen in 1 Stunde [3], und ein am 16. Dec. des nämlichen Jahres zu Paris aufsteigender grofser Aërostat fiel am 17. unweit Rom nieder, legte daher in 22 Stunden 294 lieues über die Alpen und Apenninen zurück, also mit einer mittleren Geschwindigkeit von mehr als 10 geogr. Meil. in 1 Stunde [4]. *M.*

---

1 G. I. 32.
2 ib. XVI. 264.
3 G. XVIII. 434.
4 G. XIX. 492.

Dieser ganze Artikel war schon ausgearbeitet und zum Abdruck versandt, als ich den Vorschlag J. J. Prechtl's in: Jahrbücher des k. k. polytechnischen Institutes in Wien. 1824 V. 99 zu Gesichte bekam, wonach ein kupferner Ballon mit Wasserstoffgas gefüllt, einen andern aus einem biegsamen Stoffe verfertigten innern, mit atmosphärischer Luft gefüllten, von etwa der Hälfte des Inhalts des ersteren einschliefsen soll. Indem dieser mit atmosphärischer Luft durch Compression mehr gefüllt, oder durch Exantlirung ausgeleert wird, mufs das absolute Gewicht des eigentlichen Ballons vermehrt oder vermindert werden, und daher im gleichen umgekehrten Verhältnisse auch seine Steigkraft. Alles übrige, welches der genannte Aufsatz enthält, stimmt mit dem in den Artikeln: Aërostat und Aëronautik gesagten völlig überein, und ist auf

Digitized by Google

Aërostat.

Aërostatische Maschine; Luftballon; Montgolfiere; Charliere; *machina aërostatica;* Aërostat; machine ou ballon aërostatique; Montgolfière; Charlière; *aerostatic machine; air-balloon;* nennt

---

anerkannt richtige Principien gegründet. Bei einem für die Wissenschaft künftig vielleicht höchst wichtigen Gegenstande kann es indefs nicht für überflüssig gelten, auch diesen neuesten Vorschlag genau zu prüfen. Der Ausführung desselben stehen nämlich zwei Hindernisse entgegen. 1. Durch Aufblasen oder Ausleeren des inneren Ballons würde der äufsere oder innere Druck gegen den grofsen Ballon für die Differenz von 1 Z. des Barometerstandes um nahe $\frac{2240}{28} = 80$ Pfd. gegen einen par. Quadratfufs vermehrt werden, eine Gröfse, welche eine Verbiegung des Bleches, hierdurch aber allmäliges Zerbrechen oder gar ein augenblickliches Zerreifsen zur Folge haben müfste. Wäre dieses nicht zu fürchten, so dürfte man nur den Ballon ein für allemal füllen, bis er zur Hälfte der berechneten Höhe gestiegen wäre, Wasserstoffgas entweichen lassen, und dann fest verschliefsen. Er würde dann die erforderliche Höhe erreichen, und es liefse sich die lothrechte Bewegung durch eine Höhe von etwa 1170 p. F., welche einem Unterschiede von 1 Z. des Barometerstandes zugehört, und daher eine Differenz des Druckes von $\frac{80}{2} = 40$ Pfd. gegen einen Quadratfufs hervorbringen würde, leicht durch eine, gleichfalls von Kupferblech gemachte, Montgolfiere bewerkstelligen; um wieder herabzukommen dürfte man aber nur eine Klappe öffnen, durch diese Wasserstoffgas entweichen und atmosphärische Luft eindringen lassen, welches in Verbindung mit der Wirkung der Montgolfiere das Herabsinken bewirken würde. 2. Noch wichtiger aber ist das zweite Hinderniſs. Der Grund nämlich, weswegen die Luftballons aus biegsamen Stoffen zu einem längeren Gebrauche, mithin auch für gröfsere Reisen untauglich sind, liegt in ihrer Durchdringlichkeit für die atmosphärische Luft, weswegen das Wasserstoffgas sehr bald verunreinigt, daher zu schwer und zum Tragen der erforderlichen Last ungenügend wird. Eben dieser Bedingung ist aber der von Prechtl vorgeschlagene innere Ballon um so mehr unterworfen, je stärker die atmosphärische Luft in ihm condensirt wird; letztere mufs sich daher mit dem Wasserstoffgas des grofsen Ballons vermischen, und durch das Exantliren allezeit ein aliquoter Theil des Gases verloren werden, bis die Steigkraft des Ballons aufhört. Der angegebene Vorschlag würde also nur dann zum Ziele führen, wenn man auch den inneren Ballon mit Wasserstoffgas füllte. Weil aber bei vermehrtem äufseren Luftdrucke der in der höheren Region im Gleichgewichte befindliche Ballon so viel höher steigen würde, bis das angenommene Gleichgewicht der Elasticität des Gases im Ballon und der Luft aufser demselben wieder hergestellt

Digitized by Google

man jede Maschine, welche wegen ihres geringeren specifischen Gewichtes, als das der Luft ist, in letzterer statisch aufsteigt. Weil dem Menschen der Wunsch, in die höheren Regionen der Luft sich zu erheben, natürlich ist, und die Möglichkeit eines solchen Aufsteigens durch den Flug der Vögel gleichsam bewiesen scheint, so hat es von den ältesten Zeiten her Menschen gegeben, welche die Mittel

---

wäre, bei vermindertem äufseren Drucke aber bis zu einer gleichen Herstellung des Gleichgewichts herabsinken; so dürfte der innere Ballon nur dazu dienen, die Expansion des Wasserstoffgases um so viel zu compensiren, als die Montgolfiere den Apparat über oder unter sein einmal durch ausströmendes Gas regulirtes Gleichgewicht mit der äufseren Luft höbe oder herabsinken liefse. Dafs dieses durch Entwickelung von Wasserstoffgas während der Fahrt geschehen müfste, und dafs zugleich eine Barometerprobe erforderlich wäre, um die Elasticität des Gases im Ballon zu messen, versteht sich von selbst. Durch solche Hülfsmittel, welche zwar kostbar, aber keineswegs unmöglich sind, würde der aërostatische Apparat sich allerdings in einer wenig wechselnden mittleren Höhe erhalten können, selbst auch ohne einen in vielen Rücksichten hindernden eingeschlossenen Ballon. Das Aufsteigen hätte nur geringe Schwierigkeiten, wenn gehörige Sorge getragen würde, dafs das Gas aus einem so grofsen Ballon schnell genug entweichen könnte, das Herablassen würde aber mit grofser Vorsicht durch Einströmenlassen von atmosphärischer Luft geschehen müssen, und es ginge dann die ganze Füllung verloren. Dieses Hindernifs, verbunden mit einem andern, nämlich dafs man mit einem solchen Ballon sich, selbst mit Hülfe einer Montgolfiere, nicht würde ganz herablassen, und wieder erheben können, es sey denn das irgend ein zweckmäfsiges Mittel gegen die Folgen des wechselnden äufsern Luftdruckes sicherte, steht der wirklichen Ausführung noch immer entgegen. Indefs wäre schon viel gewonnen, wenn ein innerer Ballon, mit Wasserstoffgas, oder mit atmosphärischer Luft gefüllt nur dazu diente, beim Herablassen der Maschine die Dichtigkeit der inneren Luft so weit zu erhöhen, als der vermehrte äufsere Druck erfordert. Das bedeutendste Hindernifs liegt aber in der ungeheuern Gewalt, womit eine so grofse Maschine durch die Luftströmung würde fortgetrieben werden, wodurch das Herablassen und Festhalten derselben ohne besonders günstige Bedingungen leicht auf längere Zeit und an vielen Orten unmöglich werden könnte. Uebrigens würden die Kosten der Verfertigung, sicheren Füllung und Ausrüstung zwar grofs seyn, aber keineswegs diejenigen übersteigen, welche sonst wohl auf Reiseexpeditionen verwandt werden, die Schnelligkeit und Sicherheit aber, selbst bei einer Reise um die Welt, dürfte leicht die kühnsten Erwartungen noch übertreffen.

Digitized by Google

suchten, entweder mechanisch zu fliegen[1], oder durch specifisch leichtere Körper in der Luft gleichsam zu schiffen, statisch zu schwimmen. Man deutet auf solche Versuche die Fabel vom Dädalus und Icarus, desgleichen die dunkele Sage vom Archytas von Tarent, welcher eine hölzerne Taube durch mechanische Kräfte und einen eingeschlossenen Hauch (aura spiritus inclusa) belebt haben soll[2]. Eine Menge spätere Vorschläge zeigen eben so sehr das stets erneuerte Bestreben, die Kunst des Fliegens aufzufinden, als den Mangel hinlänglicher physikalischer Kenntnisse zur richtigen Beurtheilung des eigentlichen Problems. Roger Baco († 1292) äufserte sich darüber, dafs es ihm nicht schwer dünke, eine Maschine zu bauen, womit ein Mann sich so leicht, als ein Vogel durch die Luft bewegen könnte. Ob er aber eine Flugmaschine oder eine aërostatische im Sinne gehabt habe, ist nicht deutlich, doch scheint das letztere wahrscheinlich, weil die Sage von Archytas die Veranlassung zu der Aeufserung gab. Wilkins erzählt[3], dafs Mendoza gezeigt habe, ein Körper mit Elementarfeuer gefüllt, müsse an der Grenze der Luft eben so leicht schwimmen, als ein mit Luft gefüllter auf dem Wasser. Scaliger meinte[4], die Taube des Archytas und der ihr eingeblasene Hauch lasse sich ohne Schwierigkeit nachmachen. Am sachgemäfsesten waren noch die Vorschläge des Franz Lana oder Franciscus de Lanis[5] und des P. Galien[6]. Ersterer wollte ein Schiff durch vier luftleere kupferne Kugeln heben, letzterer eine ungeheure Maschine, so grofs als die Stadt Avignon, mit leichterer Luft aus der Region des Hagels füllen, und hierdurch aufsteigen lassen[7].

Nachdem Cavendish im Jahre 1766 die grofse Leichtigkeit das Wasserstoffgas entdeckt hatte[8], äufserte Dr.

1 S. *Fliegen.*

2 Gellius Noctes Atticae X. cap. 12.

3 Discovery of a new World. prop. 14.

4 Wilkins Daedalus. cap. 6.

5 Prodromo del arte maestra. Brescia 1670. fol.

6 L'art de naviger dans les airs. Avignon 1755. 12.

7 v. Murr Auszug aus Faujas de St. Fond Beschreibung der aërost. Versuche. Nürnb. 1784.

8 Philos. Trans. 1766.

Digitized by Google

Black in Edinburg zwei Jahre später, dafs Körper mit solcher Luft gefüllt, in die Höhe steigen müfsten. Er schlug zwar die Allantois eines Kalbes als eine geeignete Haut vor, wurde aber an der wirklichen Ausführung durch andere Geschäfte gehindert. Erst 1782 versuchte Cavallo kleine Aërostaten von Papier und Schweinsblasen durch dieses Mittel aufsteigen zu machen; allein ohne Erfolg, weil erstere Substanz zu porös, letztere zu schwer ist. Es gelang ihm daher blofs Seifenblasen vermittelst Wasserstoffgas aufsteigen zu machen[1]. Die Nachricht von diesem interessanten Versuche kam in dem nämlichen Jahre durch den Professor Pickel zur Kenntnifs Lichtenbergs in Göttingen, welcher denselben wiederholte.

Nach ganz andern Grundsätzen richteten die Gebrüder Stephan und Joseph Montgolfier, ersterer für Mathematik, letzterer für Physik und Chemie bestimmt, nachher durch durch den Tod eines Bruders Papierfabrikanten zu Annonais in Vivarray ihre Versuche ein, indem sie Ballons von Papier mit brennbarer Luft aufsteigen zu machen versuchten; jedoch ohne Erfolg[2]. Nach der Analogie der schwebenden Wolken versuchten sie im November desselben Jahres Rauch von brennendem Papiere in eine undurchdringliche Hülle einzuschliefsen, und brachten wirklich zu Avignon ein hohles Parallellopipedon von Taffent, 40 Cub. F. haltend, auf diese Weise zum Aufsteigen an die Decke des Zimmers. Eine andere Maschine, 650 Cub. F. haltend, stieg gleichfalls. Sie verfertigten daher eine Maschine von Leinwand, Fig. 35 F. Durchmesser haltend, welche 450 Pfd. wog, noch 36. aufserdem 400 Pfd. Last trug, und am 5ten Juni 1783 zu

1 The history and practice of aërostation by Tiberius Cavallo. Lond. 1785. p. 34. Geschichte und Praxis der Aërostatik von Tib. Cavallo. Leipz. 1786. S. 24. Geschichte der Aërostatik, historisch, physisch und mathem. ausgeführt von Kramp. Strafsb. 1784. und 85. 2 Th. 8. Anhang zur Geschichte der Aerostatik von Kramp. Strafsb. 1786. 8. Beschreibung der Versuche mit den aërostatischen Maschinen von Faujas de St. Fond. a. d. Fr. Leipz. 1784. 8. Fortgesetzte Beschreibung der Vers. mit aërostat. Masch. a. d. Fr. mit Zusätzen des Uebersetzers. Leipz. 1785. 8.

2 Discours lû a l'acad. des sciences de Lyon par J. Montgolfier. Nov. 1783.

Digitized by Google

Annonay in Gegenwart der Stände von Vivarrais bis 1000 F. in die Höhe stieg und 12000 vom Orte des Aufsteigens wieder herabfiel. Die Erfinder kannten eigentlich ihre Erfindung selbst nicht, indem sie glaubten durch das Verbrennen des Strohes und Papiers ein eigenthümliches Gas erzeugt zu haben, welches auch von einigen Schriftstellern Montgolfierisches Gas genannt wurde.

Sobald diese überall mit grofsem Enthusiasmus aufgenommene Erfindung in Paris bekannt wurde, und man überlegte, dafs das Wasserstoffgas viel leichter sey als das sogenannte Montgolfierische; so sammelte Faujas de St. Fond durch Subscription das nöthige Geld für einen gröfsern Ballon, welchen die geübten Mechaniker, Gebrüder Robert unter der Leitung des Professors der Physik Charles von Taffent mit dem eben erfundenen Firnifs aus aufgelösetem elastischen Harze überzogen, füllte ihn mit Wasserstoffgas aus Eisenfeil und verdünnter Vitriolsäure, und liefs ihn den
Fig. 37. 27sten Aug. 1783 auf dem Marsfelde steigen. Sein Durchmesser war 12 F. 2 Z., er wog 25 Pfd. stieg in zwei Minuten 488^t hoch, verschwand in den Wolken, und fiel unweit dem Dorfe Genesse, 5 Lieues von Paris in Folge eines wahrscheinlich durch zu starke Ausspannung erhaltenen Risses nieder. Bald nachher kam der jüngere Montgolfier gleichfalls nach Paris, und liefs Aërostaten aufsteigen. Der hauptsächlichste Versuch wurde den 19ten Sept. zu Versailles vor der königl. Familie angestellt, indem ein Sphäroid von Leinwand 57 F. hoch, 41 F. breit, von 37500 Cub. F. Inhalt nach Verbrennung von 80 Pfd. Stroh und 5 Pfd. Wolle sich bis 240^t erhob. Der Ball wog nebst dem Käfig, worin ein Hammel, eine Ente und ein Hahn safsen, 900 Pfd. erhielt sich 8 Minuten in der Luft schwebend, und fiel bei Vaucresson, 1700^t vom Orte des Aufsteigens so sanft nieder, dafs die Thiere ganz unbeschädigt blieben, und der Hammel fressend angetroffen wurde.

Einer der lebhaftesten Bewunderer der neu entdeckten Luftschiffahrt war Pilatre de Rozier, Vorsteher des Museums, welcher es am 15ten Oct. 1783 zuerst wagte, mit einer von Montgolfier verfertigten, und durch ein Seil ge-

Digitized by Google

haltenen Maschine 74 F. hoch, 48 F. breit, unter welcher eine Glutpfanne zum steten Erhalten der Hitze hing, 84 F. hoch aufzusteigen, und 4,5 Minuten schwebend zu bleiben, indem er durch Vermehrung und Verminderung des Feuers sich bald hob, bald herabliefs. Nach nochmaliger Wiederholung dieses Versuches stieg er selbst nebst dem Marquis d'Arlandes am 21sten Nov. mit der nämlichen Maschine im Schlosse la Muette in die Höhe, sie blieben 25 Minuten in der Luft, wurden vom Winde über einen Theil der Stadt und über die Seine getrieben, und indem sie durch Verstärkung des Feuers die zum Herablassen ungünstigen Oerter vermieden, kamen sie 5000^{t} vom Orte des Aufsteigens unbeschädigt wieder herab. Die Maschine hatte 60000 Cub. F. Inhalt, und die gehobene Last betrug zwischen 1600 — 1700 Pfd. Die Gebrüder Montgolfier bekamen für ihre Erfindung den Preis von 600 Francs für das J. 1783. Um nicht hinter ihrem Nebenbuhler zurückzubleiben, stiegen auch Charles und der eine Robert den 1sten Dec. 1783 vermittelst eines mit Wasserstoffgas gefüllten Ballons von Taffent, 26 F. im Durchmesser haltend, in den Tuillerien auf, wurden in einer Höhe von 250 — 300^{t} etwa zwei Stunden lang fortgetrieben, sanken 9 Stunden von Paris in der Ebene bei Nesle herab, wo Robert ausstieg. Der hierdurch um 130 Pfd. erleichterte Ballon erhob sich wieder bis zu 1500^{t} Höhe, und fiel nach 35 Minuten unweit des Gehölzes vor Tour du Lay herab, ohne dafs der Aëronaut im mindesten beschädigt war. Seit dieser Zeit wurden die aërostatischen Versuche blofs zum Vergnügen, und ohne irgend einen Nutzen für die Wissenschaft unglaublich oft wiederholt, so dafs bis zum März 1785 schon 35 Luftfahrten von 58 verschiedenen Personen gemacht waren. Namentlich erhob sich in Lyon am 4ten Juni 1784 Fleurant mit Madame Thible, der ersten Dame, welche sich in einen nicht gehaltenen Ballon wagte, in Gegenwart des Königs Gustav von Schweden zu einer Höhe von 8500 F. und legte 2 Meilen in 45′ zurück. Mehrere, vorzüglich Blanchard, reiseten in fremden Ländern umher, um durch die aëronautischen Versuche der neugierigen Menge ein angenehmes Schauspiel zu machen. Es ist indefs überflüssig, alle diese

Digitized by Google

Luftfahrten zu erzählen, und es genügt daher, die wichtigsten und interessantesten kurz zu erwähnen.

Pilatre de Rozier ging bald nach seiner ersten aëronautischen Fahrt zum älteren Montgolfier nach Lyon, verfertigte mit diesem eine ungeheure Maschine 126 F. hoch und 102 F. Durchmesser, und stieg vermittelst derselben mit dem einen Montgolfier und noch 6 andere Personen den 19ten Jan. 1784 bis zu einer Höhe von 500'. Weil der Ballon aber 15 Minuten nach dem Abgange einen Rifs bekam, sank er wieder herab. Nachdem Pilatre de Rozier darauf am 23sten Juni desselben Jahres nochmals in Gegenwart des Königs von Schweden zu Versailles aufgestiegen war, fafste er den Entschlufs, über den Canal nach England zu fahren, und als ihm Blanchard in diesem Unternehmen zuvorkam, und er dennoch in dem dazu bestimmten sehr grofsen Ballon am 15ten Juni mit dem Parlamentsadvocaten Romain zwischen Calais und Boulogne aufstieg, um über den Canal zu setzen, so entzündete sich die Maschine, nachdem sie schon eine zeitlang über der See geschwebt hatte, und vom Winde wieder nach dem Lande hin getrieben war, in einer Höhe von etwa 1200 F. Die Luftschiffer stürzten herab, und wurden so beschädigt, dafs kaum noch die menschliche Gestalt an ihnen zu erkennen war. Blanchard hatte schon früher durch mechanische Vorrichtungen zu fliegen versucht[1], ergriff daher begierig das neu aufgefundene Mittel der Aërostaten, stieg mehrmals in Paris und in Rouen auf, reisete nach England, wiederholte dort die Versuche öfters, indem er sich der Ballons mit Wasserstoffgas bediente, und bewerkstelligte nebst dem Americaner Dr. Jefferies mit demjenigen Ballon, welcher ihm schon bei fünf Luftfahrten gedient hatte, die Ueberfahrt über den Canal von Dover nach Calais den 7ten Jan. 1785. Das Gas entwich schnell aus dem Ballon, so dafs sie bald ihre 30 Pfd. Ballast, demnächst alle ihre Sachen und einen Theil ihrer Kleider wegwarfen. Nahe an der Küste hob sich indefs der Ballon wieder, und die Aëronauten landeten wohlbehalten im Walde von Guiennes. Blanchard erhielt für diese

1 Montucla Hist. des Math. III. 781.

Digitized by Google

Fahrt von Könige von Frankreich 12000 Fr. und eine jährliche Pension von 1200 Fr.

Später reisete Blanchard allgemein in Deutschland umher und wiederholte seine Luftfahrten, jedoch blofs zur Belustigung und ohne irgend einen Nutzen für die Wissenschaften. Die weiteste Luftreise machten die Gebrüder Robert mit einem ihrer Verwandten, indem sie vermittelst eines mit Wasserstoffgas gefüllten Aërostaten binnen 2 St. 42 Min. eine Strecke von 50 Stunden von Paris bis Beuvry zurücklegten. In England liefs der nachher durch seine zum Theil gelungenen, zum Theil verunglückten Versuche berühmt gewordene Graf Zambeccari am 25sten Nov. 1783 eine Kugel von geöltem Seidenzeuge, 10 F. im Durchmesser haltend, in London aufsteigen, und ein anderer Italiäner, Lunardi stellte den 15ten Sept. 1784 die erste Luftfahrt an, bis Blanchard an mehreren Orten daselbst die aërostatischen Versuche wiederholte.

Unter die interessantesten, dort bewerkstelligten aërostatischen Versuche gehören ferner die von Crosbie, welcher am 19ten Juli um 2 Uhr Nachmittags zum drittenmale in Dublin in die Höhe stieg, um über den Canal nach Holyhead in England zu fahren. Die Gondel war mit einem zweckmäfsigen Rande versehen, um im unglücklichen Falle als Kahn zu dienen. Er nahm 300 Pfd. Ballast mit, wovon er aber 50 Pfd. beim Aufsteigen wegwarf. Anfangs trieb ihn ein gerader Westwind nach England, bald aber wurde der Wind NO, und so befand er sich 40 engl. Meilen von der Irländischen Küste im Anblick beider Länder, ein Schauspiel, welches er als alle Vorstellung übertreffend schildert. Die Kälte war so stark in der grofsen Höhe, dafs seine Dinte gefror und das Quecksilber des Thermometers bis in die Kugel sank. Crosbie selbst befand sich unwohl, und fühlte einen heftigen Druck gegen das Paukenfell. In der gröfsten Höhe glaubte er still zu stehen, liefs aber etwas Gas entweichen, und sank herab, kam aber dabei in einen nördlichen Luftstrom, sank bald darauf durch eine Wolke, worin er Blitz und Donner wahrnahm, und kam nahe über das Wasser, gegen welches der Wind ihn so heftig trieb, dafs alle Bemühungen, Ballast auszuwerfen, ver-

Digitized by Google

gebens waren, das Wasser in die Gondel drang, seine Beobachtungsregister zerstörte, und er selbst seine Korkweste anlegte. Hier zeigte sich der Nutzen der Einrichtung seiner Gondel, welcher sein eigenes Gewicht und das des eingedrungenen Wassers als Ballast diente, so dafs er vermittelst des fliegenden Ballons mit reissender Schnelligkeit nach der Küste trieb, wo ihn ein Schiff von Dunleary auffing, den Ballon befestigte, und alles wohl behalten in diesen Hafen brachte. Ein ähnliches Schicksal traf den Major, jetzt General Money, welcher in Norwich den 22sten Juli des nämlichen Jahres um 4 Uhr Nachmittags aufstieg, über das Meer getrieben wurde, wo der Ballon sank; so dafs der Aëronaut stets tiefer, zuletzt bis an die Brust in Wasser stand, von einem verfolgenden Schiffe binnen zwei Stunden nicht erreicht werden konnte, und erst um 11 Uhr Nachts ganz erschöpft in ein Boot aufgenommen wurde[1]. Eine interessante, aber nur wenige wissenschaftliche Beobachtungen, keine wesentliche Erweiterung der Naturkunde darbietende aërostatische Reise ist die von Beaufoy und Sadler im Aug. 1811 unternommene, wobei sie sich bis ohngefähr 5861 engl. Fufs erhoben[2].

In Amerika lernte man das Schauspiel der aërostatischen Aufflüge früh kennen, indem Rittenhouse und Hopkins in Philadelphia schon im Dec. 1783 einen Ballon steigen liessen. In Italien stellte Paul Andreani mit den Gebrüdern Gerli am 25sten Febr. 1784 die erste Luftfahrt an.

Obgleich die bisher erwähnten aërostatischen Versuche im Allgemeinen mehr zur Belustigung als zur Erweiterung der Wissenshaften benutzt wurden; so haben doch einige in mehrfacher Hinsicht ein vorzügliches Interesse erregt, und zum Theil auch über manche unbekannte Gegenstände Auskunft gegeben. Hierhin gehört vor allen Dingen die erste Luftfahrt von Charles und Robert am 1sten Dec. 1783, welche mit Aufrichtigkeit erzählt weit mehr Aufklärung über

---

1 Dieses, und eine sehr vollständige chronologische Uebersicht der bekanntesten Luftfahrten findet man in Hutton Dict. I. 35 ff. Noch ausführlicher ist Rees Cyclop. Art. Aerostation.

2 Ann. of Phil. IV. 283. Bibl. Brit. LVII. 286.

Digitized by Google

die Gesetze der Aëronautik giebt, als die übertriebenen Windbeuteleien der späteren Aëronauten[1]. Ferner ist dahin zu rechnen das Aufsteigen französischer Offiziere zur Auskundschaftung des österreichischen Lagers am Tage der Schlacht von Fleurus, worüber Fourcroy am 3ten Jan. 1795 einen Bericht abstattete[2]. Dieser Ballon war von elliptischer Form, hatte 57 F. im Umfange, wurde bei widrigem Winde von 30 — 40 Pferden gehalten, während die Aëronauten ihre gemachten Beobachtungen auf Zetteln mit Blei beschwert an einer Schnur herabliefsen. Ueberhaupt wurden zu jener Zeit die Luftballons zu ähnlichen Zwecken oft angewandt, und der Berichterstatter erwähnt deren 34, mit dem Zusatze, dafs gegen einen derselben am 13ten Juni zu Maubeuge eine Batterie von 17 Kanonen ohne Erfolg gerichtet sey. Was aber zugleich vorausgesagt wurde, nämlich dafs die Aërostaten künftig bei allen Armee-Corps würden eingeführt werden, ist nicht in Erfüllung gegangen, wahrscheinlich wegen der Langsamkeit und Schwierigkeit der Füllung und der bis jetzt noch sehr grofsen Mangelhaftigkeit oder Unmöglichkeit ihrer Lenkung[3]. Im Jahr 1799 den 25sten Juli stieg der berühmte Lalande mit Garnerin auf, ohne jedoch physikalische Beobachtungen zu machen, aufser dafs er die Höhe, bis zu welcher er sich erhoben hatte, vermittelst des Barometers zu 250^t. berechnete[4]. Am 13. April 1803 versprach der nämliche Künstler den Obermedicinalrath Hermbstädt zur Anstellung physikalischer Versuche mitzunehmen, allein als die Auffahrt sich bis gegen Sonnenuntergang verzögerte, und er ohnehin darauf bestand, erst seine Frau mitzunehmen, dann einige Meilen von Berlin wieder herabzukommen, und längstens zwölf Stunden zu warten, bis der berühmte Physiker mit seinen

---

1 Posselt Europäische Annalen 1795. St. II. S. 142.

2 Faujas. 236. Kramp. II. 126.

3 Anfangs wurde die Anwendung solcher Maschinen zu Kriegsgebrauche sehr betrieben durch den als Physiker und Mathematiker berühmten General Meusnier, den Gehülfen Lavoisiers bei vielen seiner Arbeiten, welcher bei der Vertheidigung von Mainz im Revolutionskriege starb; nach seinem Tode aber war nicht mehr die Rede davon.

4 S. G. XVI. 7.

Digitized by Google

Instrumenten einsteigen könne, mufste letzterer von einem auf diese Weise durchaus eiteln Unternehmen abstehen, indem ohnehin alle Aeufserungen des Künstler seinen gänzlichen Mangel an den gemeinsten physikalischen Kenntnissen und übermäfsige Grofssprecherei beurkundeten [1]. Am eifrigsten beschäftigte sich der Graf Zambeccari mit der Aëronautik, und seine zwei Aufflüge in Bologna gehören daher unter die Zahl der merkwürdigsten. Bei der ersten am 7. Oct. 1803 in Gesellschaft der HH. Grassetti und Andreoli erreichte der Ballon eine solche Höhe, dafs die Aëronauten ganz erstarrten, und dem Grafen nachher in Venedig drei Finger abgenommen werden mufsten. Der Ballon fiel in das Adriatische Meer, durch die Geschicklichkeit des Schiffers Anton Pazol wurden die Luftschiffer vom unvermeidlichen Tode in den Wellen gerettet, der Aërostat aber, welcher nach dem Abschneiden der Gondel bis nach Bosnien flog, fiel bei der türkischen Festung Vihacs nieder, wo ihn der Commandant als einen Gesandten vom Himmel ansah, in Stücke schneiden liefs und unter seine Freunde vertheilte [2]. Eben so unglücklich fiel die zweite Fahrt am 22. Aug. 1804 aus, indem hierbei gleichfalls der Ballon eine unermefsliche Höhe erreichte, und in das adriatische Meer herabsank [3]. Inzwischen bewies Zambeccari hierbei factisch, dafs er die verticale Lenkung vermittelst gröfserer Erhitzung der Luft in der Montgolfiere in seiner Gewalt habe. Am 30. Jun. desselben Jahres erhob sich der Petersburger Akademiker Sacharow mit dem bekannten Aëronauten Robertson, mit minder bedeutendem Gewinn für die Wissenschaft, als sich erwarten liefs [4]. Sehr auffallende Beweise ungenügender Kenntnisse des Aëronauten aber und falscher Behauptungen desselben lieferte die Auffahrt Robertson's in Ham-

1 G. XVI. 166. Man findet hier eine von Gilbert angestellte gründliche und ausführliche Untersuchung der Höhen, bis zu welcher der Aëronaut unter den verschiedensten angenommenen Bedingungen sich erheben konnte, und sonstige schätzbare Bemerkungen.

2 G. XVI. 205.

3 Relazione dell' esperienza aerostatica e seguita in Bologna li 22 Agosto 1804 da'l Come de Zambeccari. G. XVII. 156. XIX. 154.

4 G. XX. 107. Ann. de Chim. LII. 121.

Digitized by Google

burg[1]. Die merkwürdigste und wichtigste Luftfahrt ist daher diejenige, welche Biot und Gay-Lüssac am 24. Aug. 1804 unternahmen, indem Conté den Ballon besorgte, und die gleich darauf von Gay-Lüssac allein unternommene am 16. Sept. desselben Jahres, wobei er eine Höhe von 3600^t, also 333^t höher als die Spitze des Chimborazo, erreichte[2]. Beide wurden mit unglaublicher Sicherheit und ohne irgend einen Unfall ausgeführt, und haben über manche wichtige Gegenstände befriedigende Auskunft gegeben.

Die neuesten, zunächst für physikalische Untersuchungen bestimmten Aufflüge hat der Engländer Green angestellt, welcher seine Ballons mit dem, zwar etwas schwereren, aber auch weit weniger kostbaren Steinkohlengas füllte. Er fand nämlich, dafs ein Probeballon, mit diesem Gas gefüllt, 11 Unzen, mit gewöhnlich bereitetem Wasserstoffgas gefüllt aber 17 Unzen leichter war, als mit atmosphärischer Luft[3].

Endlich hat man die Aërostaten auch benutzt, um den Zustand der Atmosphäre rücksichtlich ihres elektrischen Gleichgewichts zu untersuchen. Man bedient sich hierzu kleiner Charlieren von Goldschlägerhaut, welche an einem Seile mit eingewebten Metallfäden festgehalten werden. Oben haben diese Ballons eine metallene Spitze, welche durch einen feinen Draht mit den Metallfäden des Seiles verbunden ist, um die Elektricität der oberen Luftregionen aufzufangen, unten aber ist das Ende des Seiles isolirt. Der Abt Berthollon zu Montpellier war der erste, welcher sie hierzu benutzte[4].

Die bisher mitgetheilte Geschichte dieser interessanten Erfindung zeigt schon, dafs es zwei wesentlich verschiedene aërostatische Maschinen giebt, welche mit dem gemeinschaftlichen Namen Aërostaten benannt werden. Inzwischen unterscheiden sie sich wesentlich durch das Princip, worauf ihre Construction beruhet, und es ist daher nützlich,

1 Voigt Mag. VI. 216.
2 G. XX. 1 ff. J. de ph. LIX. 314. u. 454.
3 Journal of Sciences cet. Nr. XXIII. 14.
4 Tib. Cavallo: History and Practice of Aërostation 1785. 8.

die zum Theil schon angenommene doppelte Benennung beizubehalten, wonach die von den Gebrüdern Montgolfier erfundenen Maschinen Montgolfièren, die von Charles aber Charlièren oder schlechtweg Luftballons genannt werden. Die letzteren beruhen auf dem Grundsatze, dafs eine mit dem sehr leichten Wasserstoffgas gefüllte Hülle, wenn ihr specifisches Gewicht geringer ist als das eines gleichen Volumens atmosphärischer Luft, nothwendig statisch aufsteigen mufs. Wenn wir nun der Bequemlichkeit wegen eine kugelförmige Gestalt dieser Maschinen annehmen, so ist klar, dafs die Oberfläche verschiedener Aërostaten dem Quadrate, der Inhalt aber dem Würfel der Durchmesser proportional sey, mithin wächst der Inhalt bei zunehmendem Durchmesser stärker als die einschliefsende Hülle, und es werden daher gröfsere Kugeln eine gröfsere Steigkraft bei dickerer Hülle haben; zugleich aber mufs es ein Minimum des Durchmessers geben, unter welches ein Luftballon bei einer Hülle von gegebenem Gewichte nicht herabgehen kann. Die leichteste, bis jetzt bekannte Substanz, aus welcher die kleinsten Montgolfieren gemacht werden können, ist die Matte der Elsen-Raupe[1]. Der Hauptmann von Hebenstreit nämlich läfst mit bewundernswürdiger Kunst diese Thiere ihre Matten in allen möglichen Formen, und auch als Montgolfieren weben, welche ohne Nath etwa 2 bis 3 F. hoch und von 2 bis 2,5 F. oberem Durchmesser, unten durch einen dünnen Fischbeinstreifen aufgespannt, das höchst interessante Schauspiel gewähren, durch einen angezündeten Fidibus zum Steigen gebracht zu werden. Am leichtesten giefst man einen halben Theelöffel voll Weingeist in ein kleines Schälchen, zündet diesen an, und hält die Oeffnung des kleinen Ballons darüber, so erhebt er sich sogleich ganz aufgeblasen an die Decke des Zimmers. Als nächst leichteste Hülle nimmt man zu Charlieren die sogenannten Schafhäutchen, welche man beim Lammen der Schafe erhält, über mit Unschlit bestrichenen Formen ausspannt, und durch ihren eigenen Leim zusammenklebt, um kleine Ballons von 3 bis etwa 36 Z. Durchmesser zur blofsen

1 Münchener Denksch. 1817 u. 18. p. 69. ff. G. LXI. 101 ff.

Belustigung daraus zu verfertigen[1]. Indem diese Haut leicht reifst, so mufs man die daraus verfertigten Aërostaten mit Vorsicht füllen, kann aber die entstandenen Risse leicht mit kleinen Stückchen des nämlichen Häutchens ausbessern, wenn man die Ballons behutsam aufbläst, an der schadhaften Stelle vermittelst eines Pinsels mit etwas Speichel benetzt, und ein passendes Stück darauf legt. Stärker, aber auch schwerer ist die Goldschlägerhaut, welche aus dem Inneren des Dickdarms von Ochsen gemacht wird, indem man denselben im Wasser etwas maceriren läfst, dann die innere Haut herabzieht, ausspannt, vom Fette reinigt, mit Bimsstein abreibt, und zum Schlagen des Goldes mit Firnifs überzieht. Maschinen von solcher Haut haben zuerst der Maler Dechamp und der Baron Beaumanoir in Paris verfertigt, und die kleinste Kugel von 6 Z. Durchmesser wog nur 36 Gran. Zu gröfseren Ballons nimmt man leichte seidene Zeuge, und macht sie durch einen Firnifs weniger durchdringlich für das Wasserstoffgas, obgleich es unmöglich ist, sie vollkommen undurchdringlich zu machen. Diesen Firnifs verfertigte man anfangs in Frankreich aus Federharz (gummi elasticum), dessen Auflösung in Terpentinspiritus geheim gehalten wurde[2], allein es fand sich bald, dafs Leinölfirnifs, mit Terpentinspiritus verdünnt, eben so gute Dienste leiste und leichter trockne. Den Quadratfufs solcher Taffents berechnet man ohngefähr zu 0,75 Unzen schwer. Um den gröfsten Inhalt bei der kleinsten Oberfläche zu erhalten, wählt man die Kugelform, und überzieht die Aërostaten zur gröfseren Haltbarkeit, und um die Gondel der Aëronauten daran zu befestigen, mit einem Netze von Schnüren, bringt aufserdem am oberen Theile eine Sicherheitsklappe an, welche durch eine Feder zugehalten wird, vermittelst eines in die Gondel herabgehenden Seiles aber geöffnet werden kann, um das Zerplatzen des Ballons bei dem geringeren Luftdrucke

1 Sie werden vorzüglich durch den Mechanicus Cichansky in Göttingen verfertigt, welcher die Verfahrungsart von Lichtenberg erlernte.

2 Blanchard schnitt das Federharz in kleine Stücke, und erweichte es mehrere Tage in Terpentinspiritus, kochte dann 1 Unze dieser Solution mit 8 Unzen Leinölfirnifs einige Minuten, filtrirte den Firnifs und trug ihn heifs auf. Bibl. Brit. XLVI. 199.

Digitized by Google

in gröfserer Höhe zu vermeiden, obgleich er aus Rücksicht hierauf nur zu etwa 0,75 seines Inhalts gefüllt wird. Der Ballon ist unten mit einem oder zwei Schläuchen versehen, durch welche er gefüllt wird. Meistens nimmt man zur Füllung das durch Schwefelsäure und Eisenfeil entbundene Wasserstoffgas, welches in mehreren Fässern der grofsen erforderlichen Menge wegen bereitet wird. Man rechnet meistens auf einen Cub. F. Gas im Mittel 4 Unzen Eisenfeil, 6 Unzen Vitriolöl und 18 Unzen Wasser[1]; oder 4,5 Unz. Eisen, ebensoviel Vitriolöl, und 22,5 Unz. Wasser; oder 6 Unzen Zink, ebensoviel Vitriolöl und 30 Unzen Wasser, nimmt vom Eisen lieber gröfsere Stücke, als Feile, weil letztere leicht zusammenballet und zu grofse Hitze entwikkelt, zieht aber den Zink vor, um den erhaltenen Vitriol besser zu benutzen.[2]. Das auf solche Weise bereitete Gas ist in der Regel $\frac{1}{7}$ vom Gewichte der atmosphärischen Luft schwer, kann aber durch Vorsicht, und wenn man dasselbe zur Abkühlung und Reinigung von Kohlensäure vorher durch Kalkwasser streichen läfst, wohl bis 0,1 dieses Gewichtes gebracht werden.

Die Gasbereitung zum Füllen der Ballons hält gewöhnlich sehr lange auf, und daher stiegen in der Regel die Aëronauten später auf, als sie versprochen hatten; aber da die Ballons nicht völlig luftdicht sind, so kann die Bereitung nicht längere Zeit vorher angefangen werden, weil man sonst einen grofsen metallenen Gasometer anwenden müfste, um das Gas rein aufzubewahren, und hinlänglich abzukühlen, ein für das bessere Gelingen der Versuche übrigens sehr zweckmäfsiges Mittel. Eine grofse Fertigkeit in der Bereitung des Gases und in der Füllung der Ballons besafs Lunardi. Dieser bewerkstelligte dieselbe zweimal, zu Edinburg und Glasgow, mit 2000 Pfd. Eisenreste von Kanonen, eben so viel Vitriolöl und 12000 Pfd. Wasser in zwei grofsen Gefäfsen, worin er das Eisen auf Stroh schichtete, um die Berührungspuncte zu vermehren, und been-

1 G. XVI. 204.
2 Rees Cyclop. art. Aerostation.

digte das ganze Geschäft in weniger als 2 Stunden, wobei das Gas ohne Reinigung unmittelbar in den Ballon stieg.

Wenn gleich bei solchen Bereitungen im Grofsen das Resultat nicht vollständig mit den genauen Bestimmungen des Verhältnisses der Substanzen, aus welchen das Wasserstoffgas durch Zerlegung des Wassers entbunden wird, übereinstimmen kann, so ist es doch nicht überflüssig, auch dieses als Norm hier anzugeben. Es gehören nämlich dem Gewichte nach zu 27 Th. Eisen oder 32 Th. Zink 49 Th. Schwefelsäure und ohngefähr 400 Th. Wasser (indem man hiervon besser mehr als weniger nimmt, um das entstandene Salz aufgelöset zu erhalten) und diese geben 1 Th. Wasserstoffgas. Auch 32 Th. Zink, mit einer, des unbekannten Antheils von Wasser nicht genau bestimmbaren Menge gemeiner Salzsäure geben 1 Th. Wasserstoffgas, und wenn man die Bestandtheile in par. Pfd. rechnet; so giebt 1 Pfd. Wasserstoffgas bei mittlerer Temperatur und bei mittlerem Barometerstande 158,5 Cub. F.[1]. Dafs man das Wasserstoffgas von gröfserer Reinheit und Leichtigkeit durch Zersetzung des Wassers vermittelst glühenden Eisens erhält, ist bekannt; allein man würde auf diese Weise die zur Füllung eines grofsen Ballons erforderliche Quantität schwerlich erhalten können[2]. Auch durch die trockne Destillation oder Zersetzung thierischer Fette und vegetabilischer Körper erhält man Wasserstoffgas, welches aber wegen des beigemischten Kohlenstoffes zu schwer ist. Sehr brauchbar und wohlfeil ist gereinigtes Steinkohlengas, dessen Gewicht nahe genau viermal geringer ist, als das der atmosphärischen Luft.

Die Montgolfieren beruhen auf dem Gesetze, dafs die Luft durch Wärme bedeutend ausgedehnt, und dadurch specifisch leichter wird, so dafs sie die einschliefsende Hülle mit in die Höhe nehmen mufs, wenn das Gewicht derselben geringer ist, als der Unterschied des specifischen Gewichts der erhitzten Luft und desjenigen eines gleichen Volumens kälterer Luft. Indem aber die Luft durch eine Temperatur-

1 Eine scharfe Berechnung ist wegen des im Gas enthaltenen Antheils von Wasser, Metall und Säure unmöglich.

2 G. LVII. 428.

Digitized by Google

erhöhung von 100° C. nur um 0,375 ausgedehnt, mithin auch ebensoviel spec. leichter wird, so ergiebt sich hieraus deutlich, und noch mehr aus der unten folgenden Berechnung, dafs es unmöglich ist, die Montgolfieren eben so klein zu verfertigen als die Charlieren. Berücksichtigt man neben der Geringfügigkeit des Preises auch die geringe Wärmeleitung des Papiers, so ist dieses für kleine Montgolfieren am meisten geeignet; zu gröfseren aber nimmt man der erforderlichen Festigkeit wegen leinene oder baumwollene Zeuge, legt diese zuweilen doppelt über einander, oder füttert sie mit Papier aus. Um sie inwendig gegen das Entzünden etwas zu sichern, werden sie mit einer Erdfarbe überstrichen, oder vorher in einer Auflösung von Salmiak und Kalk eingeweicht, auswendig aber gegen den Einflufs des Regens durch Oelfarbe geschützt. Auch bei diesen wählt man die Kugelform oder eine, welche dieser nahe kommt, läfst unten eine Oeffnung, deren Durchmesser 0,25 bis 0,83 des Durchmessers der Maschine selbst beträgt, nähet einen Hals von gleichen Durchmesser und 6 F. Höhe daran, und legt für die Aëronauten unten eine 3 F. hohe und 18 Z. breite, aus Weiden geflochtene Gallerie an, welche mit der inneren Seite an dem Halse festgemacht wird, aufsen aber an Seilen hängt, deren Enden an das über den oberen Theil des Ballons geflochtene Netz geknüpft werden. Etwa 1 F. über dem unteren Rande wird inwendig in den Hals eine Glutpfanne aus eisernen Stäben, welche ohngefähr 0,3 des inneren Raumes des Halses einnimmt, oder eine blechene Flasche mit Weingeistlampen, an Ketten aufgehängt, und durch Einschnitte im Schlauche von den Aëronauten behandelt. Sind die Montgolfieren klein, so faltet man sie zusammen, hält die untere Oeffnung über ein flackerndes Feuer, am leichtesten über entzündeten Weingeist, und indem man der Ausdehnung des Ballons durch die aufsteigende erhitzte Luft vermittelst Entfaltens desselben zu Hülfe kommt, wird er sich von selbst erheben; zugleich aber ist es nützlich, ihn durch eine Schnur, welche über ein leichtes Gerüst herabhängt, in die Höhe zu ziehen. Sind diese kleineren einmal mit erhitzter Luft gefüllt, so befestigt man zur längeren Erhaltung der Hitze unter ihrem Halse blofs

Digitized by Google

einen mit Weingeist getränkten Schwamm, welcher angezündet eine Zeitlang fortbrennt. Etwas gröfsere Montgolfieren dieser Art, vorzüglich die mit Weingeistlampen versehenen, steigen unglaublich hoch, und wenn sie von geöltem, hierdurch transparentem, auch wohl roth gefärbtem Papiere verfertigt sind, und des Abends bei klarem Himmel und bei völliger Windstille aufsteigen, gewähren sie als allmälig verschwindende, zuletzt kaum unter den Sternen noch sichtbare, leuchtende Puncte ein interessantes Schauspiel. Weil sie sich aber zuweilen entzünden, und dann brennend herabfallen können, so sind sie nicht ohne Grund in einigen Ländern polizeilich verboten. Um gröfsere Maschinen, womit Menschen aufsteigen wollen, zu füllen, wird ein eigenes Gerüst gebauet, mit einem etliche Fufs über dasselbe hervorragenden, und etwas engeren Schornsteine, als der Hals der Montgolfiere ist. Der Rand des Halses wird dann auf das Gerüst gelegt, die zusammengefaltete Maschine mit einem Seile durch Hülfe einer an aufgerichteten hohen Bäumen befestigten Rolle oder eines Flaschenzuges in die Höhe gezogen; dann wird auf einem Roste unter dem Schornsteine ein leichtes und wenig Rauch gebendes Feuer angezündet, so dafs die erhitzte Luft in dem Halse der Montgolfiere aufsteigt, und diese anschwellt. Ist dieses hinlänglich geschehen, so wird sie etwas seitwärts geschoben, die Aëronauten besteigen mit den erforderlichen Geräthschaften die Gallerie, zünden so viele Lampen an, als sie nöthig glauben, und steigen so in die Höhe.

Die Zeuge, aus welchen die Aërostaten verfertigt werden, sind ebene Flächen. Um aus ihnen die Kugelform möglichst genau zu erhalten, ist erforderlich zuerst eine Regel zu entwerfen, und hiernach die einzelnen Stücke Zeug auszuschneiden, welche dann zusammengenähet den kugelförmigen Körper geben. Zu diesem Ende mache man die Linie AE der Hälfte des gröfsten Kreises der zu verfertigenden Kugel gleich, halbire sie in C, bestimme, wie viele Streifen die Kugel bilden sollen, und nehme CD = der Peripherie dividirt durch zweimal die Zahl der Streifen, trage die so gefundene Gröfse auf einen Mafsstab und theils diesen in 10 Theile, und einen Theil davon wieder in 100 Fig. 38.

Digitized by Google

oder 1000, den Raum AC aber in 18 Theile, und fälle die Normalen a, b, c u. s. w. Die Länge derselben nehme man a = 9,9619; b = 9,8485; c = 9,6593; d = 9,3969; e = 9,0631; f = 8,6603; g = 8,1915; h = 7,6604; i = 7,0711; k = 6,4279; l = 5,7358; m = 5,00; n = 4,2262; o = 3,4202; p = 2,5882; q = 1,7365; r = 0,8716; ziehe durch die Endpuncte die gefundene krumme Linie AD, mache die übrigen drei Theile der Figur dieser ersteren gleich, und schneide hiernach die Stücke des Zeuges so aus, dafs für die Nähte ein hinlänglicher Rand gelassen wird. Hat man demnächst die einzelnen Stücke zusammengenähet, und die Nähte mit Firnifs überstrichen, so wird der auf diese Weise gefertigte Ballon der Kugelgestalt so viel näher kommen, je gröfser die Anzahl der Theile ist, woraus man ihn gefertigt hat, welche man indefs meistens zwischen 12 bis 24 nimmt, und jemehr die Dehnbarkeit des Zeuges beim vorläufigen Aufblasen die Entstehung dieser Form erleichtert. Dafs man übrigens bei den Montgolfieren die einzelnen Streifen unten etwas verlängern, und zur Bildung des Halses gehörig breiter lassen müsse, ist an sich klar. Bei den Charlieren ist es sehr nöthig, auf genaue Dichtigkeit der Nähte zu sehen, weit weniger ist dieses bei den Montgolfieren der Fall, indem die erste zu Annonay aufgestiegene sogar blofs mit Knöpfen zusammengefügt war.

Die eigentliche Steigkraft der Aërostaten, oder ihr relatives Gewicht, und somit auch das Uebergewicht einer gleich grofsen Luftmasse läfst sich nicht mit absoluter Schärfe angeben, weil weder die Gröfse eines solchen nicht vollkommen regelmäfsigen Körpers, noch die Ausdehnung der Luft durch die nicht auf allen Puncten gleiche Wärme, noch der Grad der Reinheit und Trockenheit der Luft oder des Wasserstoffgas, noch endlich die so schnell wechselnde Dichtigkeit der atmosphärischen Luft mit völliger Genauigkeit in Rechnung genommen werden können; indefs läfst sich diese Bestimmung dennoch sowohl für die Praxis als auch zur theoretischen Beurtheilung der Sache in genäherten Werthen erhalten. Diejenige Berechnung, welche man früher zu diesem Zwecke gebrauchte, deren Resultate allerdings genügend sind, ist folgende.

Digitized by Google

Ist der Cubikinhalt eines Ballons = c, das Gewicht eines Cubikmafses, am besten eines Cubikfufses atmosphärischer Luft = a; so ist das ganze Gewicht der aus der Stelle getriebenen Luft = ac. Wiegt ein gleiches Mafs der im Ballon enthaltenen expansibelen Flüssigkeit b, die Hülle und das, was sonst mit dem Ballon verbunden ist p; so ist das Gesammtgewicht hiervon bc + p, und man erhält die Gleichung ac — (bc + p) = k, wobei k im Allgemeinen = 0 oder positiv oder negativ seyn kann, so dafs demnach in Gemäfsheit der statischen Gesetze der Ballon entweder schweben bleibt, oder mit seinem relativen Gewichte entweder aufsteigt, oder niedersinkt. Dafs man aus dieser Gleichung die einzelnen unbekannten Gröfsen finden könne, versteht sich von selbst. Zum Beispiel diene folgende Rechnung in genäherten Werthen. Bei dem am 1. Dec. 1783 in den Tuillerien aufgestiegenen Aërostaten war der cubische Inhalt oder c = 10000 Cub. F. Man rechnete den Cubf. Luft = 604 Gr. oder 0,08 Pfd. und es war also ac = 800 Pfd.; weil aber $\frac{1}{28}$stel des Ballons leer blieb, so war das Gewicht der statisch tragenden Luft = ac $(1 - \frac{1}{28}) =$ 800 — 28,5 = 771,5 Pfd. Man rechnete das Wasserstoffgas nur 5,25 mal leichter, mithin war bc = $\frac{771,5}{5,25} =$ 147 Pfd. Das Gewicht der Hülle, der Seile, der Gondel und der beiden Aëronauten war 604,5 Pfd., also bc + p = 147 + 604,5 = 751,5 Pfd., mithin k = 771,5 — 751,5 = 20 Pfd.

Soll die Maschine nicht steigen, oder k = o seyn; so ist ac — (bc + p) = 0 also ac = bc + p und ac — bc = p oder (a — b) c = p, woraus c = $\frac{p}{a-b}$ folgt. Ist nun die Fläche der Hülle in Quadratfufs = s, das Gewicht eines Quadratfufses derselben = q und soll die Maschine keine weitere Last tragen; so kann man p = sq setzen, woraus c = $\frac{sq}{a-b}$, und $\frac{c}{s} = \frac{q}{a-b}$ oder auch $\frac{6c}{s} = \frac{6q}{a-b}$ folgt. Es ist aber, wenn d den Durchmesser einer Kugel und die Seite eines Würfels bedeutet, der Inhalt der ersteren J = $\frac{1}{6} d^3 \pi$ die Oberfläche O = $d^2 \pi$; beim letzteren aber J = d^3; O = $6 d^2$. Wenn man daher bei beiden den sechsfachen Inhalt durch die Oberfläche dividirt, so erhält man den Durch-

Digitized by Google

messer oder die Seite der Kugel und des Würfels, mithin ist nach der oben gegebenen Formel $d = \frac{6q}{a-b}$, d. h. um den Durchmesser der kleinsten Kugel oder die Seite des kleinsten Würfels zu finden, welche mit erhitzter Luft oder Wasserstoffgas gefüllt gerade schweben würden, dividire man das sechsfache Gewicht eines Quadratschuhes des anzuwendenden Stoffes durch den Unterschied des spec. Gew. eines Cub. Fufses gemeiner Luft und der erhitzten oder des Wasserstoffgas. Nach genauester Wiegung ist das Gewicht von einem Quad. F. des dünnsten und völlig trocknen Schafhäutchens 18,16 Gr. Nehmen wir nun für das Gewicht eines Cub. F. Luft 604 Gr. und das angewandte Wasserstoffgas zehnmal leichter, so giebt die Formel den Durchmesser der kleinsten Kugel $d = \frac{6q}{a.\,0,9} = \frac{60q}{9a} = \frac{108,96}{604-60,4}$ $= 0,2004$ F. oder 2,4048 Z. Nehmen wir das Gewicht eines par. Cub. F. Wasser = 1170,5 Unzen[1], das spec. Gew. des Platin = 20 und hiervon Blech von 0,05 Lin. dick; so würde ein Quad. F. desselben 3901,66... Gr. wiegen, und der Durchmesser der kleinsten, hieraus verfertigten Kugel 43,5 F. haben müssen, um in der Luft zu schweben.[2] Nehmen wir an, dafs ein Ballon durch erhitzte Luft steigen soll, und dafs die Ausdehnung derselben durch die Erhitzung 0,3 beträgt, so verwandelt sich die angegebene Formel in $d = \frac{6q}{a-0,7a} = \frac{6q}{a.0,3} = \frac{60q}{3.a}$. Indem nun der Durchmesser der kleinsten Kugel mit Wasserstoffgas $d = \frac{60q}{9a}$ ist, so mufs bei Voraussetzung der Genauigkeit der angegebenen Gröfsen der Durchmesser der kleinsten Montgolfiere dreimal so grofs als der kleinsten Charliere seyn, wenn beide von einerlei Stoff gemacht sind.

Aus der oben gegebenen Formel $k = ac - (bc + p)$ kann man leicht die Kraft berechnen, mit welcher sowohl die Charlieren als auch die Montgolfieren aufsteigen. Es

---

1 *S. Hydrostatik.*

2 Andere und mehrere Angaben von Lichtenberg S. im gött. Mag. 3ter Jahrg. 5tes Stück.

Digitized by Google

sey zu diesem Ende $k = (a - b)\,c - p$. Nimmt man hierin $p = sq$, d. h. berechnet man blofs das Gewicht der Maschine, und zieht dieses von $(a - b)\,c$, d. h. der ganzen Steigkraft derselben ab, so mufs k als der Ueberschufs der Last, die sie noch zu heben vermag, übrig bleiben. Nimmt man hierbei an, dafs die erhitzte Luft um $\frac{1}{3}$ ihres Volumens ausgedehnt werde, das Wasserstoffgas aber $\frac{1}{7}$ des Gewichts der atmosphärischen Luft habe, so ist die Rechnung folgende. Eine Kugel habe 30 F. Durchmesser, so ist ihre Oberfläche $s = 2828$ Quadratfufs, der Inhalt $c = 14142$ Cub. F. Ist das Gewicht eines Cub. F. Luft $a = 1{,}4$ Unzen, der erhitzten Luft $b = \frac{2}{3}\,a$ des Wasserstoffgas $b = \frac{1}{7}\,a$, das Gewicht eines Quadratfufs gefirnifster Leinwand $q = 2$ Unzen, Wachstaffent $q = 0{,}75$ Unzen; so wird

1. für Montgolfieren		2. für Charlieren	
c	= 14142	c	= 14142
$a - b = 1{,}4(1 - \frac{2}{3}) = \frac{1{,}4}{3}$	= 0,466	$a - b = 1{,}4(1 - \frac{1}{7}) = \frac{6 \times 1{,}4}{7}$	= 1,2
c(a−b) . . .	= 6598	c(a-b)	= 16968
p=sq=2828×2	= 5656	p=sq=2828×0,75	= 2121
k =	942 Uz.	k =	14847 Uz.
	= 59 Pfd.		= 928 Pfd.

Hiernach ist folgende Tabelle berechnet.

Durchmess. Fufs	Oberfläche Quad. F.	Inhalt Cub. F.	Steigkraft der Montg. ℔	Steigkraft der Charl.
5	78	65	— 7,8	1,2
10	314	523	— 24,0	24,5
20	1257	4190	— 35,1	255
30	2828	14142	59	928
40	5028	33723	349	2276
50	7857	65476	927	4542
60	11314	113142	1885	7955
70	15400	179666	3315	12753
80	20114	268191	5308	19546
90	25457	381857	7955	27443
100	31415	523598	11344	37796
200	125660	4188788	89012	308221

Digitized by Google

Die hier gefundene Kraft, womit die Maschine in die Höhe steigt, ist insofern zu grofs, als die bloſse Hülle, ohne auf die Ränder der Nähte, die Seile und andere Sachen Rücksicht zu nehmen, berechnet ist; auch darf keine Charliere des Platzens wegen ganz gefüllt werden, sondern mufs um einen gewissen, durch die Höhe, bis zu welcher sie sich erheben soll, zu bestimmenden Theil ihres Inhalts leer bleiben. Steigt nämlich die Charliere in die Höhe, so wird sie im Verhältnifs des verminderten Gegendrucks der äufsern Luft mehr ausgedehnt werden, und daher ihre Steigkraft beibehalten. Sie würde sich daher unendlich hoch erheben, wenn nicht die eingeschlossene Luft durch die Hülle comprimirt würde, und die Aëronauten genöthigt wären, in grofsen Höhen zur Verhütung des Zerplatzens Gas durch die Klappe entweichen zu lassen. Diejenigen Untersuchungen daher, welche namentlich L. Euler[1] und Kramp[2] angestellt haben, um diejenige Höhe zu berechnen, in welcher ein Aërostat von gegebener Steigkraft zum Gleichgewichte kommen würde, sind aus der angegebenen Ursache nur unter der Bedingung anwendbar, wenn der Cubik-Inhalt des Ballons sich nicht mehr ändern kann, und es wird daher auch eine plötzliche Veränderung im Barometerstande bis auf diesen Punct weder eine Vermehrung noch eine Verminderung der Steigkraft eines Luftballons hervorbringen. Hieraus erklärt es sich, wie es möglich war, dafs der Luftballon des Grafen Zambeccari bei seiner ersten Reise 1803 mit grofser Gewalt auf das adriatische Meer herabfiel, und nach einigem weggeworfenen Ballast sich wieder zu unermefslicher Höhe erhob. Dagegen macht eine Temperaturdifferenz der eingeschlossenen Luft sowohl bei einer Charliere, als auch bei einer Montgolfiere einen bedeutenden Unterschied, welcher bei der ersteren durch den bloſsen Einfluſs der Sonnenstrahlen leicht hervorgebracht wird, und allezeit statt findet, sobald der Ballon sich zu beträchtlichen Höhen erhebt, wo die äussere Luft viel kälter ist, die im Ballon befindliche

1 Mém. de l'Ac. 1781. p. 263.

2 S. Geschichte d. Aerost. I. Absch. 11 — 15.

Digitized by Google

aber der schlechteren Leitung wegen ihre Temperatur nicht sogleich ändert.

Nimmt man auf die unbestimmbare Differenz der Temperatur des im Ballon eingeschlossenen Gas keine Rücksicht, so läfst sich die Höhe, welche derselbe erreichen kann, berechnen, und zwar sowohl diejenige, zu welcher er gelangt, bis er ganz aufgeblasen ist, als auch diejenige, welche für die Gröfse seiner Belastung bei nicht weiter gehender Ausdehnung möglich ist. Behalten wir die obigen Bezeichnungen bei, und setzen des Gewicht eines Cub. F. Luft in gröfserer Höhe α, eines Cub. F. Wasserstoffgas ebendaselbst β, die Höhe des Barometers in par. Lin. unten H, oben h; so ist nach dem mariotteschen Gesetze $a : \alpha = b : \beta = H : h$; es wird also $a - b$ in $\frac{\alpha}{a}(a - b)$ verwandelt, und da für den Fall des Stillstehens $k = 0$ wird; so ist $p = \frac{\alpha}{a}(a - b)\,c$ und $c(a - b) : p = a : \alpha$ mithin auch $c(a - b) : p = H : h$, woraus $h = \frac{p\,H}{c(a-b)}$ wird. Ist aber h und H bekannt, so läfst sich hieraus die Höhe mit gröfserer oder geringerer Schärfe berechnen[1]. Da aber hier wegen der nicht zu bestimmenden Temperatur des Wasserstoffgas im Ballon und der zu messenden Luftschicht keine absolute Schärfe möglich ist; so genügt die Anwendung der von de Lüc gegebenen Formel vollkommen, wonach die Höhe $x = 10000^t \log. \frac{H}{h}$ oder die obige Gröfse substituirt $x = 10000^t \log. H - \log. \frac{p\,H}{c(a-b)}$ gefunden wird. Ist also ein Ballon zu 0,9 seines Inhalts gefüllt, so wird er so lange steigen können, bis $a : \alpha = H : h$ also bis $h = H\frac{\alpha}{a}$ wird, also $x = 10000^t \log. H - \log. H\frac{\alpha}{a}$ ist. Im vorliegenden Falle ist $H = 336$ Lin.; $a = 1$; $\alpha = 0{,}9$ mithin $h = 336\frac{0{,}9}{1} = 302{,}4$ also $x = 457{,}^t7$ oder 2746,2 F. Die absolute Höhe aber zu finden, diene folgendes Beispiel. Der Ballon, womit Charles den 1sten Dec. 1783 aufstieg, wog mit der Last 438 Pfd.

1 S. *Höhenmessungen, barometrische.*

Digitized by Google

= p; die Luft welche er aus der Stelle trieb = c a, wog 800 Pfd.; das Gewicht des Wasserstoffgas wurde 5,25 mal leichter angenommen, und es war also a : b = 5,25 : 1 = 21 : 4., mithin c (a — b) = 800 — $\frac{4}{21}$. 800 = 648; das Barometer stand beim Aufsteigen auf 340 Lin., mithin war h = $\frac{438 : 340}{648}$ = 229,8, und somit die Höhe, bis zu welcher der Ballon gelangen konnte = 1701[t] oder 10206 F.[1].

Man hat es schon früh vortheilhaft gefunden, zur sicherern Lenkung der Aërostaten[2] beide Arten derselben zu verbinden, und solche Maschinen *Carolo-Montgolfieren* genannt. Zur deutlichern Uebersicht der Construction und des Gewichtes derselben mögen daher hier die Dimensionen einer solchen, vorzüglich gut gebaueten Maschine dienen, wie sie der Graf Zambeccari 1803 zu Bologna ausführen liefs. Der Luftballon, oder die Charliere hatte 39′ 9″ Durchmesser, und war unten mit zwei Schläuchen zum Füllen versehen. Ueber der oberen Hälfte lag ein starkes Netz von 128 Maschen, und lief von der Mitte aus durch vier kleinere Reihen vermindernd herab, bis sich die letzten in 16 Puncten endigten, an denen eben so viele Stricke hingen, und sich unten in einen 4,25 F. weiten Ring endigten. In dem zwischen ihnen befindlichen konischen Raume war die Montgolfiere angebracht, eine Art Sack, gleichfalls aus Seidenzeug, welcher am Boden 22,6 F. Durchmesser und 15,9 F. Höhe hatte. Von einem Flaschenzuge unten am Ballon ging eine Kette durch den Boden der Montgolfiere, und trug eine an drei Armen hängende Weingeistlampe in Gestalt eines Ringes von 1 F. innerm Durchmesser mit 32 Klappen, wodurch eben so viele Flammen ausgelöscht oder entzündet werden konnten. Sie fafste 24 Pfd. Weingeist, und konnte heraufgezogen und herabgelassen werden. Am Ringe unter der Montgolfiere war die Galerie für die Aëronauten angebracht, aus drei starken Reifen von Buchenholz, welche durch 16 gleich weit entfernte Stricke

1 Eine ähnliche Formel, und eine grofse Menge damit angestellter Berechnungen der Luftfahrt Garnerin's in Berlin von Gilbert findet sich Ann. XVI. 180.

2 S. *Aëronautik*.

an einander befestigt waren. Der unterste Reifen war doppelt, und trug ein Gitter von zolldicken Stäben als Boden, in welchem ein 21 Z. weiter, nachher mit einem Netze bedeckter Ausschnitt zum Einsteigen gelassen war. Das Gewicht dieses und der mitgenommenen Sachen betrug in

Pfunden des Ballons nebst Schläuchen zum Füllen					—	125
Netze und Stricke	—	—	—	—	—	40
Montgolfiere	—	—	—	—	—	33
Gallerie mit Stricken und Netzen				—	—	85
Lampe, Kette und Flaschenzug			—	—	—	24
Zwei Ruder mit Zubehör			—	—	—	14
Alle übrigen Instrumente und Geräthschaften					—	252
45 Mafs Weingeist nebst Flaschen				—	—	69
Lebensmittel sammt Gefäfsen			—	—	—	120
Die drei oder 4 Aëronauten			—	—	—	700
Deren Kleider	—	—	—	—	—	22
Ballast	—	—	—	—	—	500
Gesammte Belastung			—	—	Pfd.	1984

Um hiermit die Steigkraft in genähertem Werthe zu vergleichen, darf man annehmen, der Ballon habe die Kugelform gehabt, in welchem Falle sein Inhalt völlig aufgeblasen 32796 Cub. F. betrug. Man kann ferner das Gewicht eines Cub. F. atmosphärische Luft bei 28″Bar. und 10° R. zu 0,086263 Pfd. annehmen, dann betrug das Gewicht eines gleichen Volumens Luft 2829,2 Pfd. und für das Gewicht des Wasserstoffgas 0,2 abgerechnet, bleiben 2263,4 Pfd. Blieb dann $\frac{1}{9}$ des Ballons unaufgeblasen, so betrug dieses 251,4 Pfd. welche abgezogen die gesammte Tragkraft zu 2012 Pfd. also einen Ueberschufs über die Belastung von 28 Pfd. gaben.

Oft wird die Frage aufgeworfen, wie grofs ein Ballon seyn müsse, um eine gegebene Last zu tragen. Obgleich dieses aus den vorhergegebenen Formeln berechnet werden kann, so wird doch folgende Betrachtung noch zu verschiedenen interessanten Bestimmungen und zur leichteren Uebersicht des Ganzen führen. Wenn wir annehmen, dafs der vom Grafen Zambeccari benutzte Ballon in genügender Vollkommenheit verfertigt war, so läfst sich seine absolute Tragkraft zu 2000 Pfd. festsetzen. Indem diese dem Inhalte,

Digitized by Google

letzterer aber dem Cubus des Durchmessers = D proportional ist; so würde die absolute Tragkraft eines gegebenen Ballons $k = 2000 \left(\frac{D}{39,75}\right)^3$ Pfd. = 0,031843 D^3 Pfd. seyn, wenn der Durchmesser = D in par. Fufs gegeben ist. Die Hülle, das Netz, die Gallerie auch die Montgolfiere, wenn die letztere die Tragkraft nicht eigentlich vermehren, sondern blofs die lothrechte Bewegung bedingen soll, nebst Lampe und Weingeist wogen zusammen 307 Pfd, statt dessen wir 300 annehmen wollen. Man kann in genähertem Werthe annehmen, dafs diese der Oberfläche, mithin dem Quadrate der Durchmesser proportional sind, also 300 $\left(\frac{D}{39,75}\right)^2$ = 0,18983 D^2 Pfd. und da sie von der vorigen Gröfse abzuziehen sind; so wäre für pariser Fufs- und Pfund-Mafs die Tragkraft eines gegebenen Ballons $k = 0{,}031843\ D^3 - 0{,}18983\ D^2$, wonach andere in genähertem Werthe verglichen werden können.

Ein wesentliches Hindernifs der Benutzung aërostatischer Maschinen liegt in der Vergänglichkeit und Durchdringlichkeit der bis jetzt dazu verwandten Stoffe, namentlich des Wachstaffents, welcher, vorzüglich wenn er feucht wird, nach Davy's Erfahrung[1] die atmosphärische Luft eindringen läfst, und so grofs auch die Tragkraft der Aërostaten von nicht übermäfsigem Durchmesser nach der mitgetheilten Uebersicht sich ergiebt, so läfst sich doch kein wesentlicher Nutzen von denselben erwarten, wenn nicht ein Stoff aufgefunden wird, welcher das Wasserstoffgas bleibend in sich erhält, und dem veränderlichen Luftdrucke in ungleichen Höhen entweder widersteht oder durch Veränderung seiner Form nachgiebt[2]. So weit unsere Kenntnisse bis jetzt reichen, bietet sich keine andere Substanz dar, welche diese Bedingungen, wenigstens die erstere, zu erfüllen vermöchte, aufser Metall, und es mag daher folgende Berechnung der Gröfse und Tragkraft kugelförmiger Aërostaten aus Platin, als dem schwersten Metalle hier Platz finden, wobei die obige Bezeichnung beibehalten, die Dicke des Platinbleches

1 S. G. XIX, 315.

2 Prechtl bei G. XXIII. 175.

aber 0,05 Lin., sein spec. Gew. = 20, das spec. Gew. des Wasserstoffgas = 0,1 gegen Luft als Einheit, das absolute Gewicht der letzteren aber, der Cubikfuſs = 0,086263 Pfd. angenommen ist.

Durchm. in Fuſs	Oberfläche in Q. F.	Inhalt in C. F	Tragkraft in Pfunden.
30	2828	14142	—338
40	5028	33723	64
50	7857	65476	1092
60	11314	113142	3036
70	15400	179666	6126
80	20114	268191	10218
90	25457	381857	16714
100	31415	523598	24692
200	125660	4188788	325204

Indem nun ein Ballon von der gröſsten hier angegebenen Dimension, nämlich von 200 Fuſs Durchmesser keineswegs die Grenzen der Möglichkeit einer wirklichen Ausführung erreicht, statt des so schweren Platin aber das viel leichtere Kupfer genommen werden könnte, welches auch gehämmert noch nicht halb so schwer ist, als Platin, und daher, um die Berechnung beizubehalten, von doppelter Stärke seyn dürfte, die grofse Tragkraft aber ergiebt, dafs mehrere Aëronauten in einem solchen Ballon mit allen erforderlichen Gegenständen der Bequemlichkeit versehen werden könnten, um auf weiten Reisen keinem Mangel und keinen sonstigen Verlegenheiten ausgesetzt zu seyn; wenn man endlich aber die grofse Geschwindigkeit berücksichtigt, womit die Luftballons sich auch nur bei mäfsigem Winde bewegen, wobei Umwege von 50 bis 100 Meilen kaum in Betrachtung kommen[1]; so ergiebt sich aus diesem allen, dafs die Aëronautik allerdings noch einer grofsen Ausbildung und Erweiterung fähig ist, und für weite und schnelle Reisen ein unglaubliches Hülfsmittel darbietet. Ob es aber dem menschlichen Scharfsinne jemals gelingen wird, auch die zweite angegebene Schwierigkeit zu überwinden, und einen Mechanismus auszudenken, wodurch der Ballon für den wechselnden Luft-

1 S. *Aëronautik.*

druck theils bei Barometerveränderungen, theils für ungleiche Höhen, ohne zu zerreifsen oder ohne zerdrückt zu werden, seinen Umfang ändern kann, mufs der Zukunft überlassen bleiben. *M.*

Aërostatik.

Aërostatica; Aérostatique; *Aerostation*, bezeichnet die Statik der Luft, oder die Gesetze des Gleichgewichts aller expansibelen Flüssigkeiten, welche in nächster Beziehung auf die atmosphärische Luft deswegen nachgewiesen werden, weil man diese früher für die einzige expansibele Flüssigkeit hielt. Insofern die Luft schwer und flüssig ist, müssen sich alle diejenigen statischen Gesetze auf sie anwenden lassen, welche aus Theorie und Erfahrung für tropfbare Flüssigkeiten aufgestellt sind. Diesemnach folgt also

1. dafs die Luft, wenn man die Bewegungen derselben nicht berücksichtigt, eine mit dem Niveau des Meeres parallel laufende, ellipsoidisch gekrümmte Oberfläche haben müfste, wobei jedoch nach den Gesetzen der Schwungbewegung eine gröfsere Excentricität unter dem Aequator aus der Axendrehung der Erde folgt. Weil indefs der Luft neben der Schwere und Flüssigkeit auch die Eigenschaft der Expansibilität zukommt, so ist es unmöglich, die Grenze der Luft[1] zu erreichen, und auf diese Weise die Richtigkeit der Sache zu prüfen. Inzwischen folgt aus dem angegebenen Gesetze so viel, dafs mit Rücksicht auf die Compressibilität der Luft, ohne den Einfluss partieller Bewegungen und der unter dem Aequator geringeren Schwere an den verschiedensten Orten in gleicher Höhe über der Meeresfläche ein gleicher Druck derselben statt findet. Gleichzeitige Barometer-Beobachtungen an Orten, welche selbst in gröfserer Entfernung liegen, bestätigen dieses[2].
2. Die Luft, als schwere Flüssigkeit, mufs gegen alle Körper einen Druck ausüben, welcher dem Gewichte einer Luftsäule von der durch die gedrückte Fläche gegebenen Basis und der Höhe bis an die Grenze der Atmosphäre gleich ist. Dieser Gegendruck wird daher das Ausfliefsen aller

1 S. *Atmosphäre*, Höhe derselben.
2 S. *Barometer*.

Digitized by Google

Flüssigkeiten aus Gefäfsen jeder Art hindern, so lange der statische Druck der Flüssigkeit geringer ist, als der Gegendruck der Luft, und die letztere gehindert wird, als specifisch leichter auf die Oberfläche der ersteren zu gelangen. Im Allgemeinen läfst sich die Richtigkeit dieser Folgerungen in der Erfahrung nachweisen am *Stechheber*, und den vielen zur Erläuterung dieser Sätze dienenden, nur in der Form vom Stechheber verschiedenen, Apparaten, als dem *Zaubertrichter*, der *Zauberkanne*, und dem ihr ähnlichen Oelkruge der Wittwe zu Zarpath, dem *Zauberbrunnen* und dem *Siebe der Vestalinnen*, welche an ihrem Orte beschrieben sind. Auch die Nothwendigkeit einer Oeffnung im Spunte der Fässer, im Deckel der Kannen, das Nichtausfliefsen der Flüssigkeiten aus Gläsern mit enger Oeffnung, z. B. des Oeles aus verschiedenen Lampen, der Dinte aus den künstlichen Schreibfedern und den sogenannten Patent-Dintefässern, die Erscheinungen des *Hebers* und viele andere mehr oder minder nützliche Vorrichtungen lassen sich auf dieses Gesetz zurückführen.

Um den sowohl von oben als von unten und auch seitwärts wirkenden Luftdruck anschaulich zu machen, construirte schon Mariotte[1] ein sinnreich ausgedachtes Werkzeug. In der einfachsten Gestalt desselben nimmt man eine Glasröhre AB, versieht diese inwendig in der Mitte mit einem Korke, durch welchen die beiden kleinen Röhrchen α und β gehen. Die Röhre wird mit einer beliebigen Flüssigkeit gefüllt, am offenen Ende gleichfalls zugeblasen und mit einem Ohre zum Aufhängen versehen. Befindet sich die Flüssigkeit, wie in der Zeichnung, im unteren Ende, so kehrt man die Röhre um, die Flüssigkeit wird durch das Röhrchen α herabfliefsen, zugleich aber die Luft durch das Röhrchen β entweichen, und so lange letzteres nicht geschieht, kann auch das Erstere nicht erfolgen. Instructiver ist folgende Einrichtung. Das gläserne Gefäfs AB wird seitwärts mit einem kleinen Löchelchen o durchbohrt, und mit einer an beiden Seiten offenen, in einem Korke verschiebbaren Glasröhre versehen. Das Wasser, womit das ganze Gefäfs und die

Fig. 39.

Fig. 40.

1 Traité du mouvement des eaux. p. 93.

Digitized by Google

Röhre gefüllt ist, wird nicht aus der Oeffnung o fliefsen, so lange man das obere Ende der Röhre mit dem Finger verschlossen hält. Oeffnet man dieses aber, so wird das Wasser in der Röhre herabsinken und durch die Oeffnung o abfliefsen, bis die Höhe a n, um welche das Wasser im Gefäfse höher steht, als in der Röhre, der Höhe n d, um welche es in der letzteren niedriger steht, gleich ist. Das Wasser sucht nämlich den Widerstand der äufseren, gegen o drückenden Luft mit einer Kraft = a n zu überwinden, wiederum mufs aber die Luft, um in das Gefäfs einzudringen, die Wassersäule n d niederdrücken, und das Gleichgewicht wird also hergestellt seyn, wenn a n = n d. Zieht man die Röhre in die Höhe, so wird wieder Wasser bis zu dem angegebenen Verhältnisse abfliefsen. Versieht man daFig. 41. her die cylindrische Röhre A B mit einer oberen und unteren Fassung, die letztere mit einer engen Ausflufsröhre, so würde das Wasser der gleichen Abtheilungen α, β, γ ... mit verminderter Geschwindigkeit abfliefsen[1]. Wird aber die enge Röhre d e durch die obere Fassung e so gesteckt, dafs sie bis nahe an den Boden reicht, so werden alle Abtheilungen in gleichen Zeiten leer werden, und man hat hierdurch also ein Mittel, bei abnehmendem Wasserspiegel einen stets gleichmäfsigen Ausflufs zu erhalten. Setzt man ein solches Gefäfs a b auf ein anderes Fig. 42. A B mit Gas gefülltes, öffnet dann zu gleicher Zeit die Oeffnung o und den Hahn z, so wird aus dem Gefäfse A B so viele Luft ausströmen, als durch das einströmende Wasser vertrieben wird, und man hat somit einen gleichmäfsig starken Gasstrom. Dafs man die Gröfse der Gefäfse willkührlich abändern, für einen stärkeren Zufluss von Wasser die Ausflufsröhre des Gefäfses a b umbiegen, diese und die obere Luftröhre bei o mit Hähnen, das obere Gefäfs aber mit einem Trichter zum Einfüllen des Wassers versehen könne, bedarf keiner näheren Anzeige[2]. Um das Gefäfs Fig. 43. A B bequem mit Gas zu füllen, bringt man an der unteren Seite desselben die Ausgufsröhre w an, oben aber die ge-

1 S. *Hydraulik.*

2 S. *Gasometer.*

Digitized by Google

bogene, bis auf den Boden des Gefäfses herabgehende Röhre h l, deren anderes Ende mit einem Schlauche, oder einem Trichter M versehen seyn kann, um das Gas aufzunehmen, womit sich das Gefäfs füllen wird, sobald man die Hähne h und w öffnet.

Die absolute Stärke des Luftdruckes gegen eine gegebene Fläche müfste nach statischen Gesetzen aus dem spec. Gew. der Luft, der Höhe der Säule und dem Inhalte der Fläche bestimmt werden. Allein unter diesen drei bedingenden Gröfsen kann im Allgemeinen nur eine bekannt seyn, nämlich der Inhalt der Fläche; von den beiden andern aber ist die eine, nämlich die Höhe der Luftsäule bis jetzt noch nicht genau bestimmt, vielleicht überhaupt nicht bestimmbar, die andere aber, nämlich das spec. Gew. unterliegt nicht blofs der Correction, wegen der Ausdehnung der Luft durch die Wärme, welche bei allen Körpern in Betrachtung kommt, sondern auch einer eigenthümlichen wegen ihrer Dichtigkeit als Folge der Zusammendrückung. Hiernach läfst sich also der statische Druck der Luft auf dem gewöhnlichen directen Wege nicht ausmitteln, und wir würden denselben gar nicht zu bestimmen vermögen, liefse er sich nicht aus dem gleichen und genau mefsbaren Drucke tropfbarer Flüssigkeiten nach dem Gesetze des Standes derselben in communicirenden Röhren entnehmen. Am geeignetsten hierzu ist das Quecksilber, und die Theorie des Barometers[1] ergiebt, dafs der jedesmalige statische Luftdruck dem Drucke der Quecksilbersäule im Barometer gleich sey. Ist also die Basis eines Cylinders irgend einer gegebenen Flüssigkeit $= r^2\pi$, seine Höhe $= h$, das Gewicht der Einheit $= f$; so ist allgemein der Druck derselben, und somit auch bei der Luft $P = r^2\pi h f$. Am leichtesten erhält man diese Gröfse in voller Genauigkeit durch das Barometer, und weil die ganze, den Erdball umgebende Atmosphäre diesen Druck ausübt, so nennt man ihn den Druck oder das Gewicht *einer Atmosphäre*. Es ist im Allgemeinen unnöthig, diese Gröfse in absoluter Genauigkeit anzugeben, und folgende Bestimmungen sind sicher genügend. Nach Gren[2] wiegt ein par. Cub. F. Queck-

1 S. *Barometer*.

2 S. Grundrifs d. Naturlehre, Halle 1797. §. 380.

silber nahe 950 par. Pfund. Setzt man also die Länge der Quecksilbersäule = $2\frac{1}{3}$ F., so beträgt der Druck einer Atmosphäre gegen einen Quadratfuſs Fläche $2216\frac{2}{3}$ Pfund.

Nach Bohnenberger[1] wiegt ein par. Cub. F. Regenwasser 73 Pfd. 5 Lt. 0 Qt. 44 Gr. Cöln., wofür 73 Pfd. gesetzt werden können. Das spec. Gew. des Quecksilbers ist nach Klaproth = 13,6, mithin drückt die Luft bei 28 Z. Barometerhöhe gegen einen par. Quadratfuſs Fläche mit $73 \times 13{,}6 \times 2\frac{1}{3}$ = 2316,53 Pfd. Rechnet man die Oberfläche des menschlichen Körpers zu 15 Quad. F., so beträgt der Druck dagegen 34747,95 Pfd. und der Unterschied von einem Zoll im Stande des Barometers giebt eine Veränderung des Druckes von 1241 Pfd. Nach der für Preuſsen geltenden Normalbestimmung[2] wiegt ein rheinl. Cub. Fuſs Regenwasser bei 14° R. 64,8 Pfd. Da nun das Verhältniſs des rhein. Fuſses: par. F. = 139,13 : 144 ist, so beträgt der Luftdruck gegen einen rheinl. Quadratfuſs $2\frac{1}{3} \times \frac{144}{139{,}13} \times 13{,}6 \times 64{,}8$ Pfd. = 2128 Pfd. Markgewicht. Nach der französischen Bestimmung wird der mittlere Barometerstand zu $0^m{,}76$ angenommen. Indem nun ein Litre einem Cubikdecimeter gleich ist, und dieses Normalmaſs reines Wasser bei 4° C. 1000 Gramm oder ein Kilogramm wiegt, das sp. G. des Quecksilbers aber 13,568 bestimmt ist; so beträgt der Luftdruck gegen eine Fläche von einem Quadratdecimeter (nahe 3,7 Z.) $13{,}568 \times 7{,}6 = 103{,}1168$ Kilogramm. Hieraus läſst sich der bei wechselnden Barometerständen veränderliche Luftdruck leicht berechnen. Ist nämlich der angegebene Druck gegen eine gegebene Fläche = P, der corrigirte = P′, die für die Temperatur corrigirte Barometerhöhe = h′; so ist $P' = P\frac{h'}{28\,Z.}$ oder $= P\frac{h'}{0^m{,}76}$; ist aber der Luftdruck gegen eine Fläche vom Inhalte = q zu finden, der Druck gegen eine Normalfläche, wie oben (ein Quad. F. oder ein Quad. Decim.) = Q durch den Ausdruck

1 S. *Tübinger Blätter.* I. 51.

2 S. Eytelwein Vergleichung der in d. Preuſs. Staaten eingeführten Maſse und Gewichte. Berl. 1798.

Digitized by Google

P', gegeben, so ist der gesuchte Druck $= P \frac{q}{Q}$, wobei q und Q in gleichem Flächenmafse auszudrücken sind.

Indem der Druck der Luft nach dem Mariotteschen Gesetze ihrer Elasticität, diese aber ihrer Dichtigkeit direct proportional ist, so läfst sich dieser statische Druck durch Zusammendrückung auf gleiche Weise vermehren, als der Druck des Wassers durch Vergröfserung der Höhe der Wassersäule. Wenn man daher im follis hydrostaticus von s'Gravesande, anstatt Wasser hineinzugiefsen, die Luft comprimirt, so wird sich ein gleicher Erfolg zeigen, und man kann durch dieses Mittel gleichfalls schwere Lasten in die Höhe heben. Vermittelst des Blasens mit dem Munde vermag der Mensch leicht eine Compression der Luft bis mindestens zu 1,5 ihrer gewöhnlichen Dichtigkeit hervorzubringen. Beträgt daher die Fläche eines solchen hydrostatischen follis einen par. Quadratfufs, so wird man im Stande seyn, durch Aufblasen desselben 1320 Pfd. zu heben, und es läfst sich daher mit Recht behaupten, man könne mehrere Centner in die Höhe blasen. Nach diesem Principe ist der *follis aërostaticus* construirt, welchen ich zur Erläuterung des mit der Fläche wachsenden Luftdruckes angegeben habe[1]. Fig. 44. In dem gläsernen Gefäfse A mit zwei Oeffnungen befindet sich etwas Quecksilber, um das Entweichen der Luft durch die Röhre C zu hindern, welche vermittelst eines Korkes in die eine Oeffnung luftdicht gesteckt ist. Ueber die andere Oeffnung ist eine grofse Rindsblase B festgebunden und aufgeblasen. Man kann dann vergleichend messen, wie hoch man durch Saugen an der oberen Mündung der Röhre, oder durch mechanischen Druck gegen die Blase das Quecksilber in der Röhre zu heben vermag.

Der sehr bedeutende, durch die Formel $P' = P \frac{h'}{28 Z.}$ bezeichnete Luftdruck mufs eben wie der hydrostatische Druck tropfbarer Flüssigkeiten gegen alle Körper ausgeübt werden. Dafs derselbe gewöhnlich nicht wahrgenommen wird, folgt sehr einfach daraus, weil er überall gegen Körper gerichtet ist, welche als feste oder tropfbar flüssige we-

1 Munke Anfangsgründe der Naturlehre. I. 75.

Digitized by Google

nig zusammengedrückt werden können, aufserdem in ihren Zwischenräumen mit gleich dichter Luft erfüllt sind, und in dem Luftmeere gleichsam schwimmen. Wenn dieser Druck dagegen nur einseitig statt findet, sey es nun, dafs der Gegendruck gegen Gefäfse mit eingeschlossener Luft von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft aufgehoben, oder die Luft aus den Gefäfsen weggenommen wird, so zeigt sich die Wirkung desselben augenblicklich. Hieraus erklärt sich das Anschwellen einer Blase unter einer exantlirten Campane, welche dann selbst schwere Gewichte zu heben vermag. Der hierzu geeignete Apparat besteht aus einer hölzernen Büchse a a, mit einem hohlen und locker in demselben beweglichen Deckel $\alpha\,\alpha$, in welchem die halb aufgeblasene Thierblase β liegt. Im Deckel ist ein Stift d befestigt, auf welchen die Bleischeiben c c, c c, c c.... gesteckt sind, und durch ihr Gewicht den Deckel niederdrücken. Stürzt man über diesen Apparat auf den Teller der Luftpumpe eine Campane, und exantlirt, so dehnt sich die Blase aus, und hebt den Deckel zusamt den Gewichten in die Höhe. Der Luftdruck zeigt sich ferner durch das Zersprengen einer Glasscheibe, welche man auf einen metallenen oder gläsernen Ring legt, oder einer Thierblase, welche man über denselben bindet, vorausgesetzt, dafs beide nicht zu stark sind, um den einfachen Druck der Atmosphäre auszuhalten, wenn man die Luft aus dem Ringe wegnimmt; am genauesten aber durch die seit Otto von Guericke, dem berühmten Erfinder der Luftpumpe, so bekannt gewordenen *magdeburgischen Halbkugeln*, wodurch derselbe schon 1654 in Regensburg in Gegenwart des Kaisers Ferdinand des Dritten und der versammelten Grofsen des Reichs die Aufmerksamkeit auf sein eben erfundenes Werkzeug rege machte. Seine Halbkugeln, nach der Art gemacht, wie man dieselben noch jetzt in allen Cabinetten findet, waren von Kupfer, und wurden durch ein zwischengelegtes, mit Wachs und Terpentinöl getränktes Leder zu einer ganzen Kugel vereinigt[1]. Nachdem dann,

Fig. 45.

Fig. 46.

1 Statt ein solches Leder anzuwenden, pflegt man jetzt die Ränder a a; a′a′ auf einander zu schleifen, und mit etwas Pomade zu vereinigen.

Digitized by Google

vermittelst des Canals d und des sie verschliefsenden Hahns e die innere Luft mit der Luftpumpe herausgezogen und die Oeffnung wieder verschlossen war, drückte die äufsere Luft gegen die beiden Halbkugelflächen mit solcher Gewalt, dafs 16 Pferde sie nur mit Mühe auseinander rissen, welches allezeit mit einem heftigen Knalle erfolgte. Oeffnete man dagegen den Hahn, so dafs die in das Innere eindringende Luft den einseitigen Gegendruck der Atmosphäre aufhob, so konnten dieselben ohne Mühe getrennt werden. Die ersten Halbkugeln hatten 0,67 magdeburger Ellen im Durchmesser, und Otto von Guericke berechnete den Druck gegen jede Hemisphäre zu 2686 Pfd., welches aber zu viel ist, weil er den Luftdruck einer Wassersäule von 20 Ellen Höhe gleich setzte, da er doch im Mittel nur 13,6×28 Z. = 31,7 p. F. hoch angenommen werden kann, wenn man ein vollkommenes Vacuum voraussetzt; auch gäben 2686 Pfd. für jedes Pferd eine im horizontalen Zuge zu überwindende Last von 336 Pfd., statt dafs man im Mittel nur 200 Pfd. annimmt. Der Erfinder liefs nachher gröfsere Halbkugeln machen, eine ganze Elle im Durchmesser, welche von 24 — 30 Pferden nicht auseinander gerissen wurden, die kleineren aber hing er mit vielen Gewichten beschwert in seinem Hofe auf[1].

Der jedesmalige Luftdruck gegen Halbkugeln von gegebenem Durchmesser läfst sich leicht berechnen. Ist nämlich der oben für einen Quadratfufs gefundene Druck von 2316,5 Pfd. = P, die jedesmalige corrigirte Barometerhöhe in Zollen = h', die Normalhöhe des Barometers = H, der Halbmesser einer Kugel, deren Durchschnitt eine Fläche von einem Quadratfufs giebt = R = 0,56419 F., der Halbmesser der gegebenen Kugel = r, der Unterschied des Guerickschen Vacuums und des Torricellischen in Linien = δ; so ist das Gewicht gegen die eine Seite der gegebenen Halbkugeln $P' = \frac{r^2}{R^2} P \frac{h'}{H}\left(1 - \frac{\delta}{336}\right)$. Dafs übrigens der Druck der Luft in Zimmern und überhaupt in allen nicht luftdicht verschlossenen, mithin das Einströmen der Luft

1 S. Ottonis de Guericke Experimenta nova Magdeburgica de vacuo spatio. Amst. 1672. fol. III. 23.

Digitized by Google

nicht hindernden, Räumen eben so stark sey, als im Freien, folgt ganz nothwendig aus den hydrostatischen Gesetzen, wie sie für das Verhalten tropfbarer Flüssigkeiten in communicirenden Röhren nachgewiesen werden. Es ist demnach ganz gleich, ob man ein Barometer im Zimmer oder im Freien aufhängt. Auf gleiche Weise bewirkt der Luftdruck das Aufsteigen tropfbarer Flüssigkeiten in Röhren und Gefäfsen, wenn in ihnen die Luft verdünnt oder ganz weggenommen wird. Der statische Druck der äufsern Luft ist also die bewegende Ursache, welche die Schröpfköpfe festsitzen macht, das Saugen sowohl vermittelst des Mundes als auch vermittelst der Pumpen erklärt, das Wasser in ein luftleeres Gefäfs treibt, sein Aufsteigen in der Mayerschen Röhre und, im Hygroklinax bewirkt u. dgl. m.

Fig. 47. Wenn man ein hohes, nicht weites gläsernes Gefäfs A inwendig mit einem Spritzenrohre b versieht, dasselbe luftleer macht, und dann unter Wasser den Hahn h eröffnet, so wird in Innern eine *Fontaine* entstehen. Die gröfste Sprunghöhe, welche auf diese Weise erreicht werden kann, findet sich, wenn man berücksichtigt, dafs nach den oben erläuterten Gesetzen der Luftdruck einer Wassersäule von nahe 32 F. gleich ist, und es wird also eine Sprunghöhe herauskommen, welche der durch eine 32 F. hohe Wassersäule hervorgebrachten gleich ist. Nach den hydraulischen Untersuchungen ergiebt sich, dafs für eine Fallhöhe des Wassers = H die Sprunghöhe $h = -100 + \sqrt{133H + 10000}$ ist, welches in diesem Falle 19,4 F. gäbe[1]. Allein es ist hierbei zu berücksichtigen, dafs der Strahl einerseits keinen Widerstand der Luft leidet, andererseits aber die Formel die günstigsten Verhältnisse der Ausgufsröhren voraussetzt. Inzwischen ist die Sache für eine genauere Untersuchung hier nicht wichtig genug.

Fig. 48. Die von J. T. Mayer zuerst angegebene, durch v. Yelin[2] beschriebene Mayersche Röhre ist in ihrer einfachsten Gestalt eine an beiden Enden offene Röhre cd, welche man

1 S. *Hydraulik*.

2 S. Experimentalphysik §. 211. J. T. Mayer Anfangsgründe der Naturlehre §. 302.

Digitized by Google

oben statt eines Ventiles mit dem Finger verschliefsen kann. Bequemer ist es, ein Klappenventil a anzubringen, und dessen zu weites Oeffnen durch einen Haken zu verhindern. Wenn man dieselbe dann mit dem unteren offenen Ende in ein Gefäfs mit Wasser taucht, und abwechselnd schnell in die Höhe hebt und niedersenkt, so wird der in derselben eingeschlossene Wassercylinder durch die erhaltene Bewegung emporsteigen, die darüber befindliche Luft durch das Ventil stofsen, und indem er selbst durch den Gegendruck der Luft am Herabfallen gehindert wird, durch das geöffnete Ventil dringen. Bis jetzt hat man von diesem einfachen Apparate noch keinen Gebrauch gemacht, es ist aber fraglich, ob die Vorrichtung nicht praktisch benutzt werden könnte.

Der oben angegebene statische Druck *einer* Atmosphäre gegen alle Körper und namentlich auch gegen die Oberfläche des menschlichen Körpers kann geringer und stärker werden, je nachdem die Luft vermöge ihrer Expansibilität minder oder mehr zusammengedrückt ist[1]. Im Allgemeinen bedarf diese Sache keiner ausführlichen Erörterung, indem nach der obigen Bezeichnung der veränderliche Druck $P' = P\frac{h}{H}$ ist, und es hat in dieser Hinsicht hauptsächlich nur die Frage über den Einfluss desselben auf den menschlichen und thierischen Organismus ein höheres Interesse. Diejenige Veränderung des Luftdruckes, welche eine Folge des veränderlichen Barometerstandes ist, hat wahrscheinlich gar keinen Einfluss auf die thierische Oekonomie, indem Menschen und Thiere in so verschiedenen Höhen über der Meeresfläche ohne merklichen Unterschied gedeihen, als die Gröfse der Veränderungen des Barometerstandes umfafst; und wenn unter mittleren Breiten das Gefühl eines besseren Befindens bei höherem Barometerstande statt findet, so ist dieses vermuthlich eine Folge des gleichzeitigen heiterern Wetters und der leichteren Hautausdünstung. Ueber den Einfluss eines stärkeren Luftdruckes auf den Organismus lebender Wesen haben wir fast gar keine Versuche, weil eine gröfsere Zusammendrückung nicht füglich anders, als

1 S. *Luft.*

Digitized by Google

in abgeschlossenen Räumen bewerkstelligt werden kann, dann aber die Resultate nicht rein sind, indem zugleich die Veränderung des Mischungsverhältnisses der Luft durch die Respiration hauptsächlich in Betracht kommt. Die Versuche Achard's[1] sind daher nichts beweisend, um so mehr als eingesperrte kleine Thiere stets in eine Unruhe versetzt werden, welche alle genaue Beobachtungen unmöglich macht. Um so schätzbarer, als einzig in ihrer Art, sind dagegen diejenigen, welche John Roebuck mit einem Secretäre in dem Windgewölbe des devonshirer Hohofens anstellte, ohne dafs jedoch hierbei der Grad der Verdichtung bemerkt ist[2]. Beide eingeschlossene Personen empfanden sogleich beim Anfange des verstärkten Luftdruckes einen Druck gegen das Trommelfell der Ohren, welcher nicht wieder nachliefs; das Athmen zeigte keine Veränderung, der Schall war ausnehmend verstärkt, und überhaupt verspürten beide keine Einwirkung auf ihren Lebensprocefs durch einen Aufenthalt von einer Stunde in der verdichteten Luft. Aehnliche Resultate geben die Beobachtungen verschiedener Personen unter der *Taucherglocke*[3], indem bei einer Verdichtung bis zum zwei, auch dreifachen atmosphärischen Luftdrucke blofs das schmerzhafte Gefühl eines Druckes gegen die äufsere, oder beim Heraufsteigen gegen die innere Seite des Paukenfelles wahrgenommen wird.

Weit zahlreicher sind dagegen die Beobachtungen über den Einflufs der verdünnten Luft, welche beim Aufenthalte in gröfseren Höhen, oder beim Ersteigen hoher Berge und bei Luftfahrten allgemein gemacht werden können. Bei den Bewohnern hoher Berge, z. B. des Brockens, des St. Bernhard, des Dorfes Rees und Kasbeck, der Meierei von Antisana u. dgl. trifft man im Ganzen Wohlbefinden, und wenn der Genufs der freieren Luft mit hinlänglicher Bequemlichkeit des Lebens und guter Nahrung verbunden ist, wie bei der Familie auf dem Brocken, so zeigt sich ein hoher Grad der Gesundheit und des Wohlseyns. Das Ge-

1 Ann. de Chim. XXXVII. 223. G. IX. 59.

2 Aus Edinb. Trans. V. 1. p. 2. in G. IX. 45.

3 S. *Taucherglocke*.

fühl von Wohlbehagen übrigens, welches Bewohner der Ebenen bei Bergreisen empfinden, ist keineswegs eine Folge des wohlthätigen Einflusses eines geringeren Luftdruckes, sondern vielmehr oft oder stets der reineren Luft und der geistigen Zerstreuung, welche solche Reisen gewähren, indem sonst die gröfsere Kälte, stärkere Ausdünstung, geringere Bequemlichkeit des Lebens und insbesondere der Mangel hinlänglich gekochter Nahrungsmittel (weil der verminderte Luftdruck den Siedepunct zu tief herabbringt) den beständigen Aufenthalt auf hohen Bergen ungesund macht. Dieses beweisen namentlich die kurze Lebensdauer, das bleiche Aussehen, die Schwierigkeit des Heilens von Wunden und die Kränklichkeit der Bewohner des Hospitiums auf dem St. Bernhard[1]; so dafs bei gleich reiner Luft und unter übrigens gleichen Bedingungen der mittlere Barometerdruck in geringer Erhebung über der Meeresfläche der Gesundheit am zuträglichsten zu seyn scheint.

Angaben von dem Einflusse des geringen Luftdruckes in grofsen Höhen auf den menschlichen Organismus haben wir in Menge. Im Allgemeinen empfanden die Personen dort einen beschleunigten Puls[2], grofse Ermattung, welche indefs hauptsächlich Folge des Unvermögens einer Anstrengung in sehr verdünnter Luft und bei der starken Ausdünstung zu seyn scheint, indem Biot und Gay-Lüssac dieses nicht wahrnahmen, Beschleunigung der Respiration und ein Drang des Blutes gegen die äufseren Theile, namentlich Augen und Nase, als Folge eines geringeren Luftdruckes gegen dieselben.

3. Jede einzelne Luftmasse mufs in der Luft selbst schwimmen, oder aber der statische Druck der Luft gegen jedes abgesondert gedachtes Volumen derselben mufs so stark seyn, dafs sein ganzes Gewicht dadurch aufgehoben wird. Indem aber ein gleicher Druck gegen jeden andern Körper gleichfalls statt findet, so wird jeder Körper in der Luft so viel von seinem Gewichte verlieren, als ein gleiches Volumen der Luft wiegt, und er wird sonach nicht

1 G. LXX. 207.
2 Voigts Mag. VIII. 369. G. XX. 120.

Digitized by Google

mit seinem absoluten, sondern nur mit seinem relativen Gewichte gravitiren. Hiernach mufs also jeder gleich schwere Körper in ihr schwimmen, jeder leichtere in ihr mit seinem relativen geringeren Gewichte aufsteigen, worauf die Theorie der *Aërostaten* beruhet, jeder schwerere aber nur mit seinem relativen Gewichte herabsinken. Letzteres kommt bei der Bestimmung des spec. Gew. der Körper in Betrachtung, indefs die hierbei erforderliche Correction $= w^1$ so unbedeutend ist, dafs sie in den meisten Fällen vernachlässigt werden kann[2].

Aus den statischen Gesetzen bei expansibelen Flüssigkeiten folgt ferner unmittelbar, dafs die durch Wärme ausgedehnten Quantitäten auf gleiche Weise in die Höhe steigen müssen, als dieses bei erwärmten tropfbar flüssigen der Fall ist, worauf eine Menge Erscheinungen beruhen. Im Allgemeinen wird man daher finden, dafs in Zimmern die oberen Luftschichten wärmer sind, als die unteren, und beim Heizen der Zimmer durch Luft, welche in eigenen Räumen für diesen Zweck erhitzt ist, wird diese ohne Schwierigkeit in die Höhe steigen[3]. Oeffnet man die Thüre oder das Fenster eines erwärmten Zimmers ein wenig, und hält ein Licht gegen die Oeffnung, so wird man bemerken, dafs die Luft unten einströmt, und oben abfliefst[4]. Eben dieses nimmt man im Winter wahr, wenn die Luft im Zimmer bedeutend wärmer ist, als die äufsere, indem man sie alsdann durch ein geöffnetes Fenster vermöge der ungleichen Lichtbrechung oben ausfliefsen und unten hereinströmen sieht. Hierauf beruhet ferner der oft sehr starke Zug oder das Aufwärtsströmen der Luft in Schachten[5], welches man, im Fall eines Stillstandes, durch etwas oben angezündetes Stroh befördern kann. Vorzüglich kommt dieses aërostatische Gesetz in Betrachtung bei den Windöfen, den Circu-

1 S. *Luft.*

2 Vergl. *Dasymeter.*

3 Cooke in Phil. Tr. XLIII. 370. P. T. Meissner die Hitzung mit erwärmter Luft. Wien. 1821. 8.

4 Franklin Am. Tr. II. 1. u. 231.

5 Benzenberg Vers. über d. Umdrehung d. Erde. Dortmund 1804. 412. Lomonosow in N. C. Pet. I. 267.

Digitized by Google

liröfen, den Schornsteinen und Kaminen, in welchen die erwärmte Luft aufsteigt, und die kältere herzuströmt[1], worauf hauptsächlich die Grundsätze ihrer Construction beruhen[2], desgleichen bei der Auffindung der Ursachen des Windes und der allgemeineren, wie auch der partielleren Luftströmungen, indem die letzteren an sehr heifsen Tagen und bei vollkommener Windstille unter schattigen Bäumen, oder an sonstigen kühlen Orten sofort wahrgenommen werden. Viele Ventilatoren[3] endlich beruhen auf diesem statischen Aufsteigen der wärmeren Luft. Man kann dasselbe leicht sichtbar machen durch die kleinen Flugrädchen von Papier, wenn man ein rundes Stück desselben schneckenförmig in einen Streifen schneidet, das Centrum auf einem lothrechten Stifte balancirt, und diesen Apparat auf einen geheizten Ofen stellt. *M.*

Aether.

Himmelsluft; *Aether*; Äther; *Ether*. Unter diesem Namen haben sich mehrere Naturforscher ein sehr feines elastisches Fluidum gedacht, welches den ganzen Himmelsraum ausfülle. Ob es ein solches Fluidum gebe, hat immer sehr hypothetisch geschienen, da man zwar einige negative Behauptungen von diesem Aether aufzustellen vermochte, z. B. dafs er nicht dicht genug sey, um einen in der Bewegung der Planeten bemerkbaren Widerstand hervorzubringen, dafs er nicht fähig sey, das Licht in einem merklichen Grade zurückzuwerfen, u. s. w.; aber etwas Positives, wodurch sich sein Daseyn verriethe, nicht nachgewiesen werden konnte. Erst in den neuesten Zeiten hat man Gründe gefunden, erstlich den Widerstand dieser den Himmelsraum ausfüllenden Materie nicht als ganz und gar unmerklich anzusehen, und zweitens anzunehmen, dafs das Licht, indem es durch den Himmelsraum fortgeht, eine — wenn gleich geringe — Schwächung erleide.

---

1 J. Ferguson Lectures on select subjects. Lond. 1790. 8. p. 172. L. Euler N. Com. Pet. XIII. 305. XIV. 1. 270. XV. 1. 219.

2 Clavelin in Ann. de Chim. XXXIII. 172. G. VI. 263.

3 S. *Ventilator*.

Digitized by Google

Die Frage, ob nicht die Planeten in der Materie, die den Himmelsraum erfülle, einen Widerstand leiden, beschäftigte schon Newton[1]; er begnügte sich aber mit der Bemerkung, dafs die Dichtigkeit des Aethers zu geringe sey, um einen für unsre Beobachtungen wahrnehmbaren Erfolg zu zeigen; denn wenn man auch annehme, er sey so dicht, als die Luft in einer Höhe von 200 Meilen über der Erde, so sey doch der bei einer solchen Dichtigkeit statt findende Widerstand zu geringe, um beachtet zu werden.

Indefs haben spätere Mathematiker, veranlafst durch die Ueberlegung, dafs selbst ein höchst geringer Widerstand, als unaufhörlich wirkend, im Laufe von Jahrtausenden eine bemerkbare Wirkung hervorbringen würde, es der Mühe werth gefunden, die Wirkungen eines solchen Widerstandes genauer zu untersuchen. L. Euler[2] Laplace[3] und Schubert[4] haben sich hiermit beschäftiget, und folgende Resultate erhalten.

1. Wie grofs auch der Widerstand seyn möchte, so wird dadurch die Lage der Apsidenlinien der Planetenbahnen gar nicht geändert. Dies läfst sich schon daraus übersehen, weil die hier einwirkenden Umstände in gleichen Entfernungen von der Sonne ohne Zweifel von allen Seiten her gleich sind, also kein solcher Grund zur Aenderung der Lage der ganzen Bahn vorhanden ist, wie bei der Einwirkung der Planeten auf einander.
2. Dagegen mufs, vermöge des Widerstandes im Aether die mittlere Entfernung des Planeten immerfort und gleichförmig abnehmen. Denn da der Planet sich nur durch die bestimmte Schwungkraft, welche aus seiner wirklichen Geschwindigkeit hervorgeht, in der Entfernung von der Sonne erhalten kann, in welcher er sich befindet; so mufs, sobald diese Geschwindigkeit durch den Wider-

1 Principia phil. nat. Lib. II. propos. 10.

2 De relaxatione motus planetarum, in Euleri opusculis p. 245.

3 Mémoires de l'académie des sciences à Paris pour l'année 1772. p. 370. u. kurz auch in Méc. céleste. IV. p. 313.

4 Bode's astron. Jahrbuch für 1802. S. 165. — Dieser Darstellung bin ich hier gefolgt.

Digitized by Google

stand vermindert wird, die anziehende Kraft das Uebergewicht erhalten und eine immer fortgesetzte Annäherung zur Sonne hervorbringen. Dieser Grund ist vollkommen überzeugend, um eine Verminderung der mittlern Entfernung darzuthun; aber es verdient doch bemerkt zu werden, dafs diese Verminderung nur während der Planet von der Sonnennähe zur Sonnenferne fortgeht, statt findet, und in der andern Hälfte der Bahn durch eine entgegengesetzte Wirkung zum Theil, aber freilich nicht ganz, ausgeglichen wird. Stellt nämlich S die Sonne vor und ABDF die Bahn, auf welcher der Planet sich von der Sonne entfernt, indem er von A nach E, B, läuft, so ist der Widerstand, zum Beispiel in E, eine nach der Richtung der Tangente HE, der Bewegung entgegen wirkende Kraft, die, zerlegt in eine Kraft mit ES parallel und in eine Kraft auf ES senkrecht, eine nach ES gegen die Sonne zu treibende Kraft hervorbringt; dagegen ist in F, wo der Planet sich der Sonne nähert, die Kraft des Widerstandes als eine nach der Richtung GF, von der Sonne abwärts wirkende anzusehen, und bei der Zerlegung, nach FS und senkrecht auf FS, zeigt sich die mit FS parallele Kraft als von der Sonne abwärts treibend. Aber sowohl die vorhin angeführte allgemeine Ueberlegung, als auch eine genauere Rechnung zeigt, dafs die Ausgleichung nicht vollkommen statt findet, sondern im Ganzen die mittlere Entfernung abnehmen mufs. Fig. 49.

3. Mit einer solchen Abnahme der mittleren Entfernung ist nothwendig eine Beschleunigung der mittleren Bewegung verbunden, von welcher sich zeigen läfst, dafs sie bei den unteren Planeten mehr als bei den oberen betragen mufs, und dafs die daraus entstehende Correction der mittleren Länge dem Quadrate der Zeit proportional ist.

4. Endlich bewirkt der Widerstand eine Verminderung der Excentricität oder macht die Bahn nach und nach mehr dem Kreise ähnlich, und diese Verminderung ist der Gröfse der Excentricität selbst proportional. Diese Verminderung der Excentricität findet nicht blofs statt, während der Planet sich von der Sonne entfernt, sondern auch in der andern Hälfte der Bahn. Dort nämlich hin-

Digitized by Google

dert der Widerstand, dafs er nicht ganz die Entfernung SD erreiche und kürzt folglich die Ellipse ab; bei der Annäherung zur Sonne dagegen erweitert die von der Sonne abwärts treibende Kraft die Bahn und vergröfsert dadurch um etwas weniges den perihelischen Abstand, so dafs beide Wirkungen vereinigt beitragen, um den Mittelpunct der Bahn der Sonne näher zu bringen.

Diese theoretisch gefundenen Erfolge sind offenbar bei sonst gleichen Umständen um desto geringer, je gröfser die Dichtigkeit des bewegten Körpers ist, indem ein an sich gleich grofser Widerstand einer gröfseren Masse, einem bei gleichem Volumen dichteren Körper, weniger von seiner Geschwindigkeit raubt. Bei den Planeten, deren Dichtigkeit gewifs ganz ungemein grofs gegen die Dichtigkeit des Aethers ist, kann daher jener Erfolg nur sehr geringe seyn, und wirklich läfst sich auch bis jetzt aus den Beobachtungen gar keine Abnahme der Umlaufszeit folgern und nichts angeben, was auf einen solchen Widerstand zu schliefsen berechtigte.

Die Kometen dagegen dürfen wir nach ihrem äufsern Ansehen, da manche von ihnen gröfstentheils, ja vielleicht ganz und gar aus einer dunstartigen Atmosphäre zu bestehen scheinen, als Körper von sehr geringer Masse ansehen, und wenn ein Aether vorhanden ist, so mufs er auf ihre Bewegung viel merklicher einwirken, als auf die der Planeten. Und in der That scheint dieses der Fall zu seyn. Erst in unsern Tagen sind wir durch Enke's Berechnungen so glücklich gewesen, einen Kometen kennen zu lernen, der wegen seiner kurzen Umlaufszeit schon oft genug beobachtet worden ist, um uns einigen Aufschlufs über die Frage, ob seine Bahn ganz unveränderlich sey, ob alle Umstände seiner Bewegung sich durch die Perturbationen erklären lassen, zu geben. Und hier ergiebt sich aus den bei seinen wiederholten Erscheinungen in den Jahren 1786, 1795, 1805, 1819, 1822 angestellten Beobachtungen, dafs in der That solche Veränderungen seiner Bahn statt finden, die sich nach Berücksichtigung aller Störungen nicht erklären lassen. Enke findet nämlich[1] dafs seine Umläufe sich

1 Bode's astron. Jahrb. für 1826. S. 124.

Digitized by Google

um etwas beschleuniget haben; er sah sich genöthiget, nach Anbringung aller der Correctionen, die aus den Perturbationen entspringen, noch eine empirisch angenommene, dem Quadrate der Zeit proportionale Correction der Epoche einzuführen, weil nur so die späteren Beobachtungen mit den früheren in Einstimmung zu bringen sind. Diese, dem Quadrate der Zeit proportionale Correction entspricht einer ungefähr $\frac{1}{9000}$ betragenden Zunahme der mittleren täglichen Bewegung, und da über das auch die Excentricität abgenommen hat, so treffen wenigstens hier die Erscheinungen zu, welche aus einem Widerstande hervorgehen können; und obgleich sich vielleicht noch andere Vermuthungen über den Grund dieser Aenderungen aufstellen lassen, so scheint doch keine so viel als die, dafs des Kometen Bewegung einigen Widerstand leide, für sich zu haben.

Dazu kann ich aus eignen Untersuchungen noch folgendes hinzufügen[1]. Die Schweife der Kometen lassen sich ziemlich gut erklären, wenn man eine abstofsende Kraft der Sonne annimmt, welche die Materie des Schweifes forttreibt. Die richtige Betrachtung der Bahn, welche jedes einzelne Schweiftheilchen durchläuft, führt zu einer Bestimmung der Form des Schweifes, die in manchen Rücksichten den Beobachtungen gemäfs ist. Aber diese Theorie ergiebt als eine nothwendige Folgerung, dafs die Axe des Schweifes, da wo sie sich an den Körper des Kometen anschliefst, von dem nach der Sonne gezognen Radius Vector berührt werden müfste, und das scheint nicht der Fall zu seyn, sondern sogleich in der Nähe des Kometen scheint der Schweif merklich hinter der Richtung zurückzubleiben, die er nach der Theorie haben sollte, oder mehr zurückgebogen zu seyn. Ich werde dies im Artikel *Kometenschweife* weiter erläutern, und mache hier nur die Bemerkung, dafs allerdings ein Widerstand im Aether eine solche Zurückbeugung erklärlich machen würde. Die einzelnen Ungleich-

1 Die ersten Grundzüge zu dem, was ich später vollständiger ausgearbeitet, aber noch nicht vollendet, und deshalb noch nicht bekannt gemacht habe, stehen in Gilb. Ann. XLVIII. S. 117.

Digitized by Google

heiten, welche bei verschiedenen Kometen statt finden, indem bei einigen die anfängliche Richtung des Schweifes minder von dem verlängerten Radius Vector abweicht, als bei andern, müfste allerdings noch näher erwogen werden.

Ganz unwahrscheinlich ist es wenigstens nicht, dafs ein solcher Widerstand in den Gegenden zumal, wo die Kometen sich während ihrer Sonnennähe befinden, statt finden möge; denn das Thierkreislicht, welches aus einer das Licht in bedeutendem Mafse zurückwerfenden Materie zu bestehen scheint, erfüllt den Raum, worin die Kometen sich alsdann bewegen, und es könnte gar wohl diese Materie nicht so dünne seyn, dafs ihre Dichtigkeit als verschwindend gegen die Dichtigkeit der Kometen anzusehen wäre.

Aber selbst im weiter entfernten Weltraume mag es eine, wenn gleich gewifs sehr feine, Materie geben, die zwar in keinem uns merklichen Grade das Licht zurückwirft, aber doch vielleicht das durchgehende Licht um etwas weniges schwächt. Ueber die Schwächung des Lichtes, während seiner Fortpflanzung durch den Himmelsraum hat Olbers so schöne Betrachtungen angestellt[1], dafs es mir nothwendig scheint, daraus hier einen Auszug mitzutheilen. Olbers fängt seine Betrachtung mit der — wie es mir scheint, — gewifs richtigen Bemerkung an, dafs wir, obgleich Herschels Telescope uns mit Gegenständen bekannt machen, die vielleicht mehrere tausend Siriusfernen von uns entfernt sind, dennoch nicht glauben dürfen, den Grenzen des Weltalls dadurch merklich näher gekommen zu seyn, indem es uns undenkbar sey, dafs die Werke der Allmacht in eine unserm endlichen Geiste überschbare Grenze eingeschlossen seyn könnten, oder dafs Tausende von Siriusfernen als etwas Grofses, gegen die Werke Gottes Erhebliches, angesehen werden könnten. Denken wir uns aber bis ins Unendliche hinaus Sonnen über Sonnen, (wobei wir uns freilich gern bescheiden, nicht zu wissen, ob nicht in andern Theilen der Schöpfung etwas Andres als die uns bekannten Arten von Weltkörpern vorkommen könnten); so kann es keinen Punct am Himmel geben, der nicht einen

1 Jahrbuch 1826. S. 110.

Digitized by Google

Stern darböte, und wenn das Licht ganz ungeschwächt zu uns gelangte, so müfste das ganze Himmelsgewölbe so leuchtend, als die Sonne erscheinen. Einen solchen, den Himmel fast gleichförmig bedeckenden Glanz, (der nur dadurch, dafs eine Sonne ein etwas mehr oder minder intensives Licht, als die andre hätte, in einigem Grade ungleich seyn könnte), beobachten wir bekanntlich nicht: aber dies ist kein Grund, um die Unendlichkeit des Weltgebäudes zu verwerfen, da sich zeigen läfst, dafs bei einer nicht vollkommen absoluten Durchsichtigkeit des Weltraumes, bei einer nur sehr geringen Schwächung des Lichtes während seines Fortganges durch den Raum, die Erscheinungen gerade so werden können, wie wir sie wahrnehmen.

Wenn das Licht durch homogene Medien fortgeht, so ist bei jedem unendlich kleinen Fortgange die Abnahme der Dichtigkeit des Lichtes, dieser Dichtigkeit selbst proportional, und daraus folgt, dafs in verschiedenen Abständen von dem leuchtenden Körper, die ich $= x$ setze, die Intensität des Lichtes $= y$, in Vergleichung gegen die Intensität $= A$, welche es für $x = 0$ hatte, durch $\log. \frac{A}{y} = \frac{x}{a}$ ausgedrückt wird, wo dann a einen andern Werth erhält, je nachdem man die Undurchsichtigkeit mehr oder minder erheblich annimmt. Um ein Beispiel von den Wirkungen dieses Lichtverlustes zu geben, nimmt Olbers (allerdings als willkürlich vorausgesetzt) an, dafs das Licht, indem es vom Sirius zu uns gelangt, um $\frac{1}{800}$ geschwächt werde, oder dafs das Licht des Sirius uns nur $\frac{799}{800}$ so stark erscheine, als es der Fall seyn würde, wenn das Licht ohne alle Schwächung zu uns käme. Dann ergiebt sich, dafs in 84 Siriusfernen das Licht noch 0,9 in 554 Siriusfernen noch 0,5 derjenigen Intensität haben würde, die ihm ohne alle Schwächung eigen wäre, und dafs folglich für alle Entfernungen, bis zu welchen hin unser bewaffnetes Auge noch einzelne Fixsterne erkennt, die Helligkeit nur bis auf 0,5 abnimmt. Sterne, dem Sirius gleich, die 554 Sirius-Weiten von uns abstehen, würden daher nicht blofs ihrer geringen scheinbaren Gröfse wegen, die nur $\frac{1}{306916}$ der scheinbaren Gröfse des Sirius beträgt, in diesem Mafse lichtschwächer, sondern wegen verminderter Intensität des

Digitized by Google

Lichtes, nur mit $\frac{1}{614000}$ der Lichtstärke des Sirius erscheinen.

In gröfseren Weiten nimmt die Intensität des Lichts so ab, dafs sie in 1842 Siriusfernen nur noch 0,1; in 5523 Siriusfernen nur noch 0,001; in 19203 Siriusfernen nur noch $\frac{1}{900000}$ beträgt. Da man nun den Glanz der Atmosphäre bei einer heitern Vollmondsnacht etwa auf $\frac{1}{900000}$ setzt, oder die Lichtstärke eines der Sonnenscheibe gleichen Kreises jener erhellten Atmosphäre auf $\frac{1}{900000}$ der Lichtstärke der Sonne schätzt; so würde uns der Grund des Himmels so hell wie beim Vollmonde erscheinen, wenn in 20000 Siriusfernen ein dichtes Sonnengewölbe den Weltraum schlösse. Sterne in 30000 Siriusfernen würden nur noch den 700000ten Theil des Lichtes geben, welches jeder Punct des Himmels in einer heitern Mondnacht hat, und folglich würde so gut wie gar nichts von dem Lichte so entfernter Sterne zu uns gelangen, das ist, das Himmelsgewölbe würde uns eben so schwarz wie in der heitersten mondlosen Nacht erscheinen, wenn gleich in 30000 Siriusfernen das ganze Himmelsgewölbe mit dicht gedrängten Sonnen besetzt wäre, die in jedem Puncte Licht von eben der Intensität, wie unsre Sonne, aussendeten.

Obgleich nun diese Rechnung auf die ganz hypothetische Voraussetzung, dafs das Siriuslicht eine Schwächung $= \frac{1}{800}$ erleide, gegründet ist, so erhellt doch leicht, dafs eine andre Voraussetzung zwar die Mafse der Räume, die ich eben angegeben habe, ändern, aber in dem Wesentlichen der Resultate keine Aenderung hervorbringen würde.

Ob wir nun die hierdurch sehr wahrscheinlich gemachte Schwächung des Lichtes einer eignen, höchst dünnen, Materie zuschreiben sollen, oder ob die sich durchkreuzenden Lichtstrahlen selbst diese Schwächung hervorbringen, — darüber freilich werden wir nie etwas entscheiden können. Hier ist es genug, das Resultat aufzustellen, dafs die Unendlichkeit des Weltgebäudes im vollkommensten Sinne sich nicht als der Beobachtung widersprechend zeigt, wenn wir eine solche Schwächung des Lichtes im Aether annehmen. *B.*

Digitized by Google

Aethrioskop.

Aithrioskop (von *αἴθριος* heiter, hell und *σκοπέω* ich sehe) nennt Leslie ein empfindliches Rumfordsches Thermoskop, dessen eine Kugel sich im Brennpuncte eines mit seiner Fläche gegen den Himmel gerichteten Hohlspiegels befindet. Letzterer wird mit einem metallenen Schirme bedeckt gehalten, bis die gefärbte Schwefelsäure im Thermoskope im Stillstande ist, dann wird der Schirm weggenommen, und das Thermoskop zeigt durch sein Fallen an, ob und wie starke *Wärmestrahlung* gegen den heiteren Himmel oder *Kältestrahlung* von demselben statt findet[1]. *M.*

Affinität *S.* Verwandtschaft.

Aggregat.

Aggregatum; Aggrégation; *Aggregation;* nennt man diejenige Art der Zusammenfügung eines Ganzen aus seinen Theilen, wonach die letzteren nur gleichsam neben einander liegen, und durch eine gewisse Bindung zusammengehalten werden, ohne dafs die Theile selbst verändert sind. Vorzüglich gebraucht man diesen Ausdruck in der Mineralogie von solchen Fossilien, deren Bestandtheile, für sich kenntlich, mit einander verbunden sind: z. B. beim Granit. Im Allgemeinen steht ein *Aggregat* einer *Mischung* entgegen[2]. *M.*

Aggregatform.

Aggregationsform; *Aggregatio; forma aggregationis;* bezeichnet die Art und Weise, wie die constituirenden Bestandtheile der verschiedenen Körper zusammengefügt, oder neben einander gelagert sind. Da wir die einfachen Bestandtheile selbst nicht kennen, so können wir auch über die Art ihrer Zusammenfügung nichts Gewisses bestimmen, und bezeichnen daher blofs den äufsern sinnlichen Schein dieser Zusammenfügung, wonach uns die Körper als fest, tropfbar flüssig oder expandirt erscheinen.

---

1 Brugnatelli Giorn. Dec. II. 11, 362. Die Würdigung des Versuches S. *Wärme, strahlende.*

2 Vergl. Young Lect. I. 527.

Digitized by Google

Die Körper gehen durch verschiedene Ursachen und mit sehr ungleicher Leichtigkeit aus dem einen Aggregatzustande in den andern über, weswegen der eigentliche und einzige Grund des einen oder des andern Zustandes nicht ausschliefslich in der Beschaffenheit der Körperelemente, oder in dem Wesen der verschiedenen Grundstoffe liegen kann. Die Anhänger der Kantischen Dynamik sind geneigt, diesen Zustand überhaupt und seinen Wechsel auf den Conflict der beiden Grundkräfte, der *Dehnkraft* und *Ziehkraft* zurückzuführen, wobei aber die Nachweisung des eigentlichen Grundes fehlt, warum die eine oder die andere Kraft überhaupt oder temporär vorherrschend und überwiegend seyn soll. Mehr in sich und mit der Erfahrung übereinstimmend ist die neuerdings von Laplace geäufserte Meinung, dafs die Quantität der Wärme, bedingt durch die Wärmecapacität und individuelle Beschaffenheit der Materie den verschiedenen Aggregatzustand hervorrufe, indem die Körper durch vermehrte Wirksamkeit dieses repulsiven Princips aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren und dann der expansibelen Flüssigkeiten überzugehen disponirt würden. So übereinstimmend mit dem Phänomenen diese Ansicht auch ist, so bleibt dabei dennoch die eigentliche Art der Wirkung der Wärme unbekannt[1]. *M.*

Akustik.

Acustice; Acoustique; *Acustics;* abstammend vom griechischen Worte ἀκούειν, hören, heifst der Wortbedeutung nach die Lehre vom Hören, in welchem Sinne man auch *akustische Werkzeuge* solche Apparate zu nennen pflegt, deren sich Schwerhörende zur Erleichterung und Verstärkung des Hörens bedienen. Man versteht indefs auch alles dasjenige darunter, was als physische Ursache das Hören bewirkt, mithin die Lehre vom Schalle, die Gesetze seiner Erzeugung, Fortleitung, des Eindruckes, welchen derselbe auf das Gehör macht, und die Theorie, welche darzuthun sucht, warum und nach welchen Regeln Töne zu einem angenehm oder unangenehm afficirenden Ganzen verbunden

1 S. *Abstofsung.*

Digitized by Google

werden, wodurch also die Akustik zur Lehre vom Tönen, vom Schalle, vom Klange und von der musikalischen Harmonie wird. In dieser Bedeutung hat der classischste Schriftsteller über diesen Gegenstand, Chladni, das Wort gebraucht [1]. Sonst unterscheidet man zuweilen auch *Diakustik*, die Lehre von der Fortpflanzung des Schalles, und *Katakustik*, die Untersuchung der Gesetze der Reflection desselben. Die hierher gehörigen Untersuchungen finden sich an den geeigneten Orten angestellt. *M.*

Alcalimeter

nennt Decroizilles [2] ein Instrument, welches bestimmt ist, die Quantität des reinen Alkali in der gemeinen Pottasche (und nach gleichen Grundsätzen des eigentlichen Natrons in der gewöhnlichen Soda) aufzufinden. Im Wesentlichen besteht dasselbe aus einer calibrirten und graduirten Röhre, in welcher eine Solution der Pottasche mit Schwefelsäure neutralisirt wird. Da das Instrument zunächst für Chemiker gehört, und auch diese dasselbe schwerlich allgemein einführen werden, so ist eine ausführliche Beschreibung desselben hier überflüssig [3]. *M.*

Alcaraza.

Ist ein thönernes Gefäfs, dessen man sich in Spanien gewöhnlich bedient, um das Getränk kühl zu erhalten. Man sagt, dafs die Gewohnheit, sich solcher Gefäfse zu bedienen, von den Mauren herstamme. Sie sind ungleich bauchig, mit einem engeren, oben sich wieder erweiternden Halse versehen, ohngefähr einen Fufs hoch und 0,5 F. in der Mitte, wo sie am dicksten sind, weit, gelbbraun, einige seltenere und kostbarere aber roth, welche dem Wasser einen angenehmen Geschmack geben sollen. Die gemeinen sollen von einer am Feuer sich erhärtenden Erde seyn, mit feinem Sande vermischt, schwerlich aber wird dem Thone etwas Salz zugesetzt, um beim Schmelzen die Poren zu erweitern, denn es giebt der Thonarten genug, welche leicht

1 S. die Akustik, bearbeitet von E. F. F. Chladni. Leipz. 1802.
2 Ann. de Chim. LX. 17.
3 Klaproth und Wolf chem. Wört. Suppl. I. 23.

Digitized by Google

gebrannt das Wasser durchschwitzen lassen. Die Spanier füllen sie mit dem zum Trinken bestimmten Wasser, wovon ein Theil auf die Oberfläche ausschwitzt, durch dessen Verdunstung an einem schattigen und vorzüglich luftigen Orte das im Innern befindliche bei der gröfsten Sommerhitze so kalt als in Kellern erhalten wird. Durch langen Gebrauch, vorzüglich wenn das Wasser kalkerdehaltig ist, verstopfen sich die Poren[1].

Fabroni stellte mit einigen Alcarazzas Versuche an, und fand, dafs sie das enthaltene Wasser ohne merklichen Luftzug in 17° C. äufserer Temperatur auf 13° herabbrachten. Nach Darcet besteht die Erde, woraus sie verfertigt werden, aus Kalk- Thon- und Kiesel-Erde in fast gleichen Antheilen, und etwas Eisen. Die Erde hat nach Fabroni Aehnlichkeit mit derjenigen im Toskanischen, aus welcher er schwimmende Steine machte, und welche er Erdmehl nennt. Sie enthält 55 Th. Kiesel, 15 Th. Talk, 12 Th. Thon, 3 Th. Kalk und 1 Th. Eisen. Mischt man mit ihr gewöhnlichen Thonmergel oder Töpferthon, so erhält man Gefäfse, welche den Alcarazzas sehr ähnlich sind[2]. *M.*

Alhidade.

Alhidadenregel; Absehenlineal; *Alidada;* l'Alidade; *Alidade;* ist bei Winkel-Instrumenten das um den Mittelpunct des eingetheilten Kreises bewegliche Lineal, mit welchem, um die Richtung nach bestimmten Puncten zu erhalten, entweder ein Fernrohr oder zwei Absehen, Dioptern (Dioptrae, les Dioptres) so verbunden sind, dafs die mit der Axe des Fernrohrs zusammenfallende oder durch beide Dioptern gehende, nach dem Gegenstande gezogene, Linie zugleich durch den Mittelpunct geht[3].

Fig. 50. Die Dioptern stellen zwei gegen die Ebne des Instruments senkrechte Linien dar, deren eine, *die Ocular-diop-*

1 Sallior in Decade Phil. Frim. an. VI. Ann. de Chim. XXV. 167.
2 J. de Ph. VI. 228. G. III. 230.
3 Der Name soll, nach Lach (Anleitung zur Kenntnifs der Sternnamen. Leipzig 1796. S. 159) von dem sehr allgemeinen Begriff, dafs es zum Grenzenbestimmen diene, herkomme. Nach Montucla (Hist. des Math. I. 371.) heifst es: Zähler.

Digitized by Google

ter, ein in der senkrecht stehenden Messingplatte A angebrachter schmaler Einschnitt ist, die andre, *die Objectivdiopter* ein in der gröfsern Oeffnung D E senkrecht gegen die Ebne des Kreises eingespanntes Haar b c. Man stellt das Lineal so, dafs das an jenen Einschnitt gebrachte Auge, den Punct, nach welchem das Lineal gerichtet werden soll, von dem Haare bedeckt, sieht. *B.*

Alkali.

Laugensalz; *Alcali*, *sal alcalinum;* Alkali, sel alkali; *Alkali.* Mit diesem Namen bezeichnet man die durch folgende Verhältnisse ausgezeichneten Stoffe: Sie sind die den Säuren in chemischer Beziehung vorzüglich entgegengesetzten Materien, welche daher eine besonders grofse Affinität zu denselben haben, bei ihrer Verbindung mit jenen die denselben eigenthümlichen Charaktere am vollständigsten aufheben, und mit ihnen die sogenannten Neutralsalze darstellen, aus welchen Verbindungen sie bei Einwirkung eines elektrischen Stromes immer am negativen Pole abgeschieden werden. Sie sind sämmtlich im Wasser löslich, verändern häufig die Farbe der organischen Farbstoffe, mit welchen sie in Verbindung treten, und zwar auf eine den Säuren entgegengesetzte Weise; namentlich verändern sie die rothe Farbe der meisten rothen Blumen und Beeren erst in Blau, dann in Grün (Rosen u. s. w.), der blauen in Grün (Veilchen u. s. w.), die rothe Farbe der Alkanna und des Fernambuk, und der mit wenig Säure versetzten Lackmustinctur in Blau, und färben die gelbe Curcumawurzel roth. Diese Alkalien sind theils *unorganische*, theils *organische.*

1. Die *unorganischen* haben eine besonders grofse Affinität zu den Säuren, besitzen den bekannten laugenhaften Geschmack, und wirken zerstörend (ätzend) auf die organischen Körper. Zu ihnen zählt man das *Ammoniak*, *Kali*, *Natron*, *Lithon*, den *Baryt*, *Strontian* und *Kalk*, und zum Theil auch die *Bittererde* (Talk), welche vier letzteren den Uebergang der Alkalien zu den Erden bilden. Zum Theil werden jedoch diese vier Körper, da sie für sich und in verschiedenen Verbindungen eine geringere Löslich-

Digitized by Google

keit im Wasser zeigen, als die zuerst genannten, von den Alkalien getrennt, und als *alkalische Erden* den übrigen Erden zugezählt.

2. Unter den *organischen Alkalien* versteht man die in neueren Zeiten aufgefundenen organischen Materien, welche besonders die Verbindbarkeit mit den Säuren zu neutralen Salzen und die verändernde Wirkung auf Pflanzenfarben mit den unorganischen Alkalien gemein haben, obgleich ihre Affinität zu den Säuren und ihre Löslichkeit im Wasser meistens nur sehr geringe ist, und sie auch keine ätzende Wirkung auf organische Körper zeigen. Sie besitzen gewöhnlich einen sehr bittern Geschmack, machen den wirksamen Bestandtheil vieler Arzneimittel aus, und sind in medicinischer Hinsicht theils rein bittere, wie *Cinchonin* und *Chinin*, theils narkotische, wie *Morphium*, *Pikrotoxin*, *Brucin*, *Strychnin*, und *Solanin*; theils scharfe, wie *Delphinin*, *Veratrin* und *Emetin*.

G.

Almucantharat.

Almicantarat; *Almacantar;* heifsen die Parallelkreise, deren Pole mit Zenith und Nadir zusammen fallen. Der Horizont gehört mit in die Reihe dieser Kreise. Man nennt sie auch *Höhenkreise.* Sterne, die sich auf demselben Almucantharat befinden, haben gleiche Höhen. Die Ebnen dieser Kreise sind senkrecht gegen die Ebne des Meridians[1].

B.

Alumium.

Aluminium; Aluminium; *Aluminium;* ist diejenige einfache Materie, von welcher man annimmt, dafs sie mit Sauerstoff die *Alaunerde* bilde und welche von H. Davy in kleinen metallisch glänzenden Theilchen erhalten zu seyn scheint.

Die bekannteste Verbindung des Alumiums ist die mit Sauerstoff zu *Alaunerde*, (*Thonerde*, Alumine, *Alumine*). Diese findet sich in der Natur ziemlich rein im

1 Ueber die Abstammung des Namens s. Lach Anleitung zur Kenntnifs der Sternnamen. Leipz. 1796. S. 158.

Digitized by Google

Sapphyr und *Corund*, Mineralien, die nur vom Diamant in der Härte übertroffen werden; auch alle übrigen Mineralien, von welchen Alaunerde nur einen Bestandtheil ausmacht, zeichnen sich, sobald sie kein Wasser enthalten, durch vorzüglich grofse Härte aus. Die mit Wasser verbundene Alaunerde oder das *Alaunerdehydrat* ist sehr weich und zerreiblich, und bildet in Verbindung mit verschiedenen grofsen Mengen von Kieselerdehydrat, die in der Natur vorkommenden *Thonarten*. Alle diese kommen darin mit einander überein, dafs sie in der Glühhitze ihr Wasser verlieren und in einen harten cohärenten Zustand übergehen, in welchem sie nicht mehr durch Wasser erweicht werden können; zugleich ziehen sie sich bei diesem Glühen beträchtlich zusammen, oder sie schwinden, eine Erscheinung, die nicht blofs von dem Entweichen des Wassers herrührt, da eine Thonmasse beim weitern Erhitzen sich zusammen zu ziehen fortfährt, nachdem sie schon alle Feuchtigkeit verloren hat. Dieses ist also wohl aus einer stets grösseren Annäherung der Thontheilchen durch Verkleinerung der Poren zwischen denselben zu erklären. Auf dieser Erscheinung beruht die Construction des Wedgwoodschen Pyrometers.

Die Alaunerde löst sich im wasserfreien Zustande höchst schwierig oder gar nicht, im wasserhaltigen leicht in Säuren, und bildet mit diesen die *Alaunerdesalze*, welche einen sauren, zusammenziehenden und etwas süfsen Geschmack besitzen, und aus welchen die Alaunerde durch sämmtliche Alkalien und Erden, mit Ausnahme der Zirkon- und Kiesel-Erde, abgeschieden wird. Das wichtigste Salz der Alaunerde ist der *Alaun*, ein Doppelsalz, welches bald aus schwefelsaurer Alaunerde und schwefelsaurem Ammoniak, bald aus schwefelsaurer Alaunerde und schwefelsaurem Kali, bald aus schwefelsaurer Alaunerde, schwefelsaurem Ammoniak und schwefelsaurem Kali zugleich besteht, und in Verbindung mit Wasser in regulairen Oktaëdern, Cubooktaëdern und Würfeln anschiefst. Durch Erhitzen dieser Krystalle, wobei das Wasser unter Aufschäumen entweicht, erhält man den gebrannten Alaun, alumen ustum, in Gestalt einer weifsen schwammigen Masse. *G.*

Digitized by Google

Amalgama.

Elektrisches Amalgama; *Amalgama electricum*; Amalgame électrique; *Amalgam;* nennt man diejenige Verbindung der Metalle mit Quecksilber, welche man auf die Reibzeuge der Elektrisirmaschinen aufträgt, um ihre Wirkung zu verstärken. Indem es hier nicht der Zweck ist, auf die Theorie der elektrischen Erscheinungen einzugehen, und hieraus den Einfluss der verschiedenen Amalgame herzuleiten, so kann nur die Beschaffenheit der gebräuchlichsten unter ihnen nebst der Art, sie zu bereiten und auf die Reibzeuge aufzutragen, angegeben werden.

Dasjenige Amalgama, dessen man sich ehemals am meisten bediente, bestand blofs aus einer Verbindung von Quecksilber und Zinn. Gewöhnliche Spiegelfolie von alten Spiegeln konnte daher dazu verwandt werden. Sonst bereitete man dasselbe, indem man Staniolstreifen mit Quecksilber in einem Mörser zu einem möglichst consistenten Teige zerrieb, oder das Zinn schmolz, dann die gehörige, nicht durchaus genau bestimmte, Menge Quecksilber zusetzte, und die Masse gleichfalls in einem eisernen Mörser zerrieb. Einige setzten Kreide hinzu, welche aber durchaus keinen Nutzen bringt, und nebenbei wegen der enthaltenen Kieselerde die Politur des Glases angreift. Higgins [1] scheint zuerst statt des Zinns Zink genommen zu haben, welches er mit vier Theilen Quecksilber vereinigte. Adams [2] nennt zwei Arten Amalgame, die eine aus fünf Th. Quecksilber und einem Th. Zink zusammengesetzt, die andere aus blofsem Musiv-Golde (aurum musivum, Doppelt-Schwefelzinn) bestehend. Man hielt es für besser, dasselbe mit etwas Schweineschmalz auf Leder aufzutragen, und damit das Glas der Maschinen vor dem Gebrauche stark einzureiben, auf die Reibzeuge selbst aber unmittelbar nichts aufzutragen. Geschah Letzteres aber wegen der längeren Dauer der Wirkung, so setzte man dem Amalgama aus Zink oder Zinn und Quecksilber etwas fein geriebene Kreide oder Spanische Schminke (Spanisches Weifs;

1 Phil. Tr. 1778. P. II. n. 38.

2 Essay on Electricity Lond. 1784. 8. p. 27.

Digitized by Google

Schminkweifs; Wifsmuthweifs; Perlweifs; magisterium bismuthi; blanc d'Espagne; Basisches salpetersaures Wismuthoxyd) hinzu, um dasselbe in ein graues Pulver zu verwandeln, und mit etwas Schweineschmalz bequemer aufzutragen.

Späterhin hat man sich bis auf die neuesten Zeiten fast allgemein des *Kienmayerschen* Amalgama bedient, und dessen ursprüngliche Zusammensetzung entweder ganz beibehalten oder unwesentlich abgeändert. Dasselbe wurde zuerst durch den Mechanikus Bienvenu [1] als ein schwarzes Pulver angekündigt, wodurch die Wirkung der Elektrisirmaschinen bedeutend vermehrt werden könne, ohne Angabe seiner Bestandtheile. Letztere machte indefs v. Kienmayer selbst unmittelbar darauf bekannt [2], nebst der Art der Bereitung, welche aber unnöthig weitläuftig ist, und selbst bei gröfseren Quantitäten nicht erfordert wird. Nach der ursprünglich angegebenen, und wohl noch nicht verbesserten Proportion soll dasselbe aus 2 Th. Quecksilber, 1 Th. Zink und 1 Th. englischem Zinn (wie man dasselbe in den Officinen erhält) bestehen, und kann auf folgende Weise leicht und sicher bereitet werden. Man nimmt gewalzten Zink [3], schmelzt denselben in einem irdenen Tiegel bei gemäfsigtem Feuer, und wirft in die völlig geschmolzene Masse das Zinn, welches gleichfalls bald schmelzen wird. Indem diese Mischung leichtflüssiger ist, als der Zink allein, so ist es vortheilhaft, das Feuer zu mäfsigen, wodurch man das Verkalken der Metalle verhütet. Sollte dieses aber dennoch statt finden, so kann man etwas Unschlitt in den Tiegel werfen, welches indefs leicht in Flamme geräth, und etwas (im Wesentlichen unschädlichen) Schmutz zurückläfst. Nachdem man die Masse mit einem eisernen Stabe umgerührt hat, um sich zu überzeugen, dafs dieselbe geschmolzen sey, wird

1 Journal de Paris. 1788. n. 230.

2 J. de Ph. XXXIII. 96. Lichtenb. Mag. VI. 3. St. p. 104.

3 Solcher ist deswegen zu wählen, weil er allezeit rein, und beim Schmelzen dünnflüssig ist. Mancher Zink nämlich ist dickflüssig, behält immer eine Art von Zähigkeit, ohne wie Wachs oder Blei zu fliessen, setzt viel Kalk ab und verwandelt sich leicht in denselben, wahrscheinlich eine Folge von etwas beigemischtem Oxyde oder einer sonstigen verunreinigenden Substanz.

Digitized by Google

das Quecksilber zugesetzt. Dieses kann bei gröfseren Mengen aus zwei Rücksichten gefährlich werden, einmal indem dieses schwerere, schnell zu Boden sinkende, Metall in Dämpfe verwandelt wird, und die geschmolzene Masse aus dem Tiegel schleudert, oder wenn die Erzeugung der Dämpfe so stark ist, dafs sie der Gesundheit des Arbeiters nachtheilig wird. Beides läfst sich indefs leicht vermeiden, wenn man durch Mäfsigung des Feuers dafür sorgt, dafs die geschmolzene Masse nicht heifser ist, als sie seyn mufs, um im Zustande der Flüssigkeit zu bleiben, und zugleich berücksichtigt, dafs das Ganze durch Zusatz von Quecksilber stets leichtflüssiger wird. Es ist daher durchaus unnöthig, die Hitze so zu vermehren, dafs eine der beiden gefährlichen Erscheinungen wirklich eintritt. Der Vorsicht wegen bedecke man indess den Tiegel mit einer gemeinen Ofenschaufel, schütte auf diese vorerst etwa eine Unze Quecksilber, ziehe die Schaufel zurück und lasse das Quecksilber in den Tiegel laufen, welchen man durch Vorschieben der Schaufel sogleich wieder bedeckt, und fahre auf diese Weise in ganz kleinen Zeiträumen und mit zunehmenden Mengen von Quecksilber fort, während das Feuer eher abnimmt, als vermehrt wird. Blofs bei den ersten Malen des Zuschüttens hört man ein geringes Sprudeln als Folge der gebildeten Quecksilberdämpfe, welche sich aber sogleich mit der gröfseren Menge des Metalls verbinden. Beträgt die ganze Masse über 6 bis 8 Pfd., so ist es räthlich, nach dem Zugiefsen von etwa der Hälfte, oder bei sehr grossen Mengen von mehr als 12 bis 15 Pfd., nach dem Zugiefsen des dritten und dann nochmals des dritten Theils mit dem eisernen Spatel umzurühren, sonst aber kann man auf die angegebene Weise die ganze Quantität des Quecksilbers ohne Unterbrechung in den angegebenen kleinen Portionen hinzuschütten, dann schnell dieses Umrühren verrichten, sogleich den Tiegel abnehmen, und die geschmolzene Masse auf trockne Pflastersteine, etwa der Küche, ausgiefsen. Wartet man hiermit zu lange, insbesondere bei einem etwas zu starken Feuergrade, so verdampft eine gröfsere Menge Quecksilber, als dem Mischungsverhältniss zuträglich ist, wovon man sich durch die zahlreichen Kügelchen überzeugt, welche an der eisernen, zur

Digitized by Google

Bedeckung des Tiegels dienenden Schaufel festzusitzen pflegen.

Ist das silberweifse Metallgemisch erkaltet, so läfst es sich leicht zerbrechen, und mufs dann zu einem feinen, graulich schwarzen, Pulver zerrieben werden; eine eben so mühsame als langwierige Arbeit. Man wirft deswegen die Stücke in einen eisernen Mörser, und zerstöfst sie, wobei die Masse aber gern zusammenballet, und dadurch das weitere Verkleinern fruchtlos macht, weswegen sie wiederholt mit einer starken Messerklinge zerschnitten werden mufs. Ist aber die Mischung gut, und hauptsächlich aus reinem Zink bereitet, so werden auch die etwa zurückbleibenden Stückchen weich genug seyn, um sich auf dem Reibzeuge zerdrücken zu lassen. Indefs ist es für die Aufbewahrung und den Gebrauch besser, die möglichst fein gepulverte Masse mit dem Pistill in einer steinernen Reibschale so fein wie möglich zu zerreiben und in Zuckergläsern aufzubewahren. Hierbei ereignet es sich nicht selten, dafs kleine Quecksilberkügelchen durch längeres Stehen des Pulvers von der Masse getrennt erscheinen, welches übrigens kein Verdorbenseyn anzeigt, auch darf man das Ganze dann nur abermals in einer Reibschale zerreiben, um die Verbindung wieder herzustellen. Singer[1] bedient sich eines Amalgama aus 1 Th. Zinn; 2 Th. Zink und 6 Th. Quecksilber bestehend, welches auf gleiche Weise bereitet wird, oder aus 2 Th. Zinn; 4 Th. Zink und 7 Th. Quecksilber, welches er nach dem Pulvern sogleich im Mörser mit Schweinefett zusammenreibt und aufbewahrt, nach dem Hartwerden aber wieder mit etwas Schweinefett zur Salbe reibt. Letztere Methode ist schwerlich zu empfehlen, vorzüglich wenn man die auf allen Fall mühsam zu bereitende Masse Jahrelang aufbewahren will.[2] Sonstige Zusätze zum Amalgama, als namentlich von Phosphor, Schwefel u. dgl. habe ich entweder nicht versucht, oder keinen Effect derselben wahrgenommen. Indefs empfiehlt J. T. Mayer[3] nach

1 Elemente der Elektricität und Elektrochemie von G. J. Singer. A. d. Engl. übers. von C. H. Müller. Breslau 1819. p. 33.

2 Ueber die Art des Auftragens und die dabei zu befolgenden Regeln, namentlich in Rücksicht des quantitativen Verhältnisses S. *Elektrisirmaschine*.

3 Anfangsgründe der Naturlehre §. 516. Anm.

sicheren Erfahrungen für manche Glassorten ein Amalgama mit einem gröfseren Antheile von Quecksilber, namentlich aus 1 Th. Zinn; 1 Th. Zink und 3 bis 4 Th. Quecksilber bestehend, welches zur Verhütung des Absonderns gleich nach der Bereitung mit etwas frischem Talge zusammengerieben wird. Auch alte Spiegelfolie leistet nach ihm recht gute Dienste. *M.*

Anamorphose.

Anamorphosis; [1] Anamorphose; *Anamorphosis;* Verzeichnung einer Figur, welche aus einem gewissen Standpuncte oder mit Hülfe gewisser Gläser betrachtet, etwas ganz anderes darstellt, als man bei anderer Stellung des Auges oder ohne jene Gläser daran sieht.

Man kann die Anamorphose in optische, katoptrische und dioptrische theilen.

Fig. 51. Die optischen fordern blofs, dafs man sie aus einem gewissen Standpuncte sehe. Es sey dem Auge in O gegenüber eine in richtigen Verhältnissen gezeichnete Figur, z. B. das Bild eines Menschen, in b e aufgestellt, und man ziehe nun von O nach der Ebne P E durch jeden Punct jener Figur gerade Linien; so erhält man die auf P E projicirte Figur, das heifst, wenn man auf der Ebne P E an jedem der so bezeichneten Puncte den Theil der Figur zeichnet, der ihr in b e entsprach; so sieht das Auge in O, wenn man b e wegnimmt, alle Theile der auf B E gezeichneten Figur in den Verhältnissen, wie sie in b e waren, und es bedarf nur einiger Kunst, um das Auge so zu täuschen, dafs es in der offenbar in ganz unnatürlichen Verhältnissen gezeichneten Gestalt B E die Gestalt zu sehen glaube, die sich ihm auf der Ebne b e darstellte [2].

Eine hierher gehörige Spielerei ist die, wo man zwei ganz verschiedene Bilder in Streifen zerschnitten, auf mehrere neben einander stehende dreiseitige Prismen klebt, so dafs

---

1 Von μορφὴ Gestalt.

2 Ein Beispiel erzählt Brisson im Diction. raisonné de Physique, Art. Anamorphose, wo Bilder, die etwas anderes vorstellen, wenn man sie auf gewöhnliche Weise betrachtet, eine Magdalena darstellen, wenn man das Auge in einen gewissen Punct bringt.

Digitized by Google

alle von der einen Seite her gesehene Flächen der Prismen das eine Bild, die von der andern Seite her ins Auge fallenden das andere Bild darstellen. Es erhellt, dafs eine geringe Aenderung der Stellung dann eine gänzliche Veränderung des Gegenstandes zu bewirken scheint.

Katoptrische Anamorphosen sind Bilder, die in Cylinderspiegeln, Kegelspiegeln oder Pyramidenspiegeln eine richtige Gestalt darstellen, während sie mit bloſsem Auge betrachtet, eine verzerrte Gestalt zeigen. Man sieht leicht, dafs der konische Spiegel PQR dem Auge in O, den Punct A in a, den Punct B in b darstellt, und also die Figuren auf der um den Kegel liegenden Fläche, wovon AB ein Theil ist, in ganz andern Verhältnissen darstellt. Es kommt also darauf an, ein verzerrtes Bild auf der Erweiterung der Grundfläche des Kegels zu zeichnen, welches dem Auge in O im Spiegel eine regelmäfsige Zeichnung, z. B. das Bild eines Menschen darstellt. Etwas Aehnliches findet für cylindrische und pyramidalische Spiegel statt. Fig. 52.

Von der Verzeichnung solcher Bilder hat Simon Stevin zuerst geschrieben [1]. Leupold erfand zur Zeichnung derselben ein eigenes Instrument [2].

Die dioptrischen Anamorphosen zeigen durch ein vieleckig geschliffenes Glas (Polyeder) regelmäfsige Figuren. Wer nämlich eine Tafel durch ein solches Glas betrachtet, sieht durch die Flächen des Glases nur einzelne Theile der Tafel, welche neben einander zu liegen scheinen, obgleich sie auf der Tafel weit aus einander liegen. Wenn also auf jener Tafel an richtig gewählten Stellen einzelne Theile eines gewissen Gemäldes gezeichnet werden, so erscheinen sie dem durch das polyedrische Glas sehenden Auge als neben einander liegend, oder als ein zusammenhängendes Gemälde bildend. Wer also eine Zeichnung zu diesem Zwecke machen wollte, der müfste jene zertrennten Stücke so in einer Zeichnung anzubringen suchen, dafs man sie beim gewöhn-

1 Schott magia universalis Herbipol. 1657. Wolf Elem. Catoptr. probl. 25—27. Langsdorf Grundlehren der Photometrie. Erlangen 1803. S. 93.

2 Anamorphosis mechanica nova Lips. 1714.

Digitized by Google

lichen Betrachten als zu dieser Zeichnung gehörig sähe, statt dafs sie durch das Polyeder etwas ganz anderes darstellten. So hat man z. B. Zeichnungen, die mehrere Köpfe darstellen, welche, durch das Polyeder gesehen, einen einzigen Kopf zeigen, der sich so in jener Zeichnung nicht findet [1]. *B.*

Anemoskop.

Anemoscopium; anémoscope; *anemoscope* (von ἄνεμος der Wind und σκοπεῖν sehen) heifst bei den Alten diejenige Vorrichtung, welche man, wie noch jetzt in Gebäuden am untern Ende einer über das Dach hervorragenden Windfahne anbringt, um die Richtung des Windes zu wissen [2]. Später ist dieser Name vorzugsweise einem durch Otto v. Guerike [3] erfundenen und *semper vivum* genannten Werkzeuge beigelegt, eigentlich einem *Manometer*, aus einer gebogenen Glasröhre mit Luft durch Quecksilber oder Weingeist gesperrt, auf welchem eine kleine Puppe schwamm, und beim veränderten Drucke der Luft mit dem Finger auf den bevorstehenden Wind hindeutete. Diese Werkzeuge, welche bald viel Aufsehen machten, um so mehr, da ihr Erfinder den eigentlichen Mechanismus verbarg, und auch den Namen eines *perpetui mobilis* erhielten, wurden in Deutschland und vorzüglich im Auslande Anemoskope genannt, als Otto v. Guerike im Jahr 1660 nach demselben einen heftigen Sturm vorhersagte, welcher nach zwei Stunden wirklich eintraf [4]. Couriers zeigte nachher, dafs der Apparat ein blofses Manometer sey [5]. Weil die Hygrometer aus Darmsaiten gleichfalls bei bevorstehendem Unwetter sich verändern, so hat man sie eigends hiernach construirt, und gleichfalls Anemoskope genannt, deren eines Pickering, [6] ein anderes B. Martin [7] beschreibt [8]. Diese historische Erwäh-

Fig. 53.

1 Anleitung zur Zeichnung solcher Bilder giebt Wolf Elem. Dioptr. Probl. 25.

2 S. *Windfahne*, und daselbst die verschiedenen Abänderungen.

3 Experimenta nova de vacuo spatio L. III. c. 20.

4 Comiers l'Homme artificiel anemoscope in Mercure de France 1683.

5 Acta Erud. 1684.

6 Phil. Tr. XLIII.

7 Philos. Brit. vol. II.

8 Vergl. Brisson Dict. de Phys. Hutton Dict.

Digitized by Google

nung genügt für den gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft, indem der Apparat selbst mit Recht aufser Gebrauch ist.

M.

Anomalie.

Anomalia; Anomalie; *Anomaly.* Unter der *wahren Anomalie (anomalia vera, anomalie vraye, true anomaly)* eines Planeten oder Kometen versteht man den Winkel, den der an den Ort desselben gezogene Radius Vector mit der Haupt-Axe der Bahn oder der Apsidenlinie macht [1]. Man rechnete ehemals die *wahre Anomalie* der Planeten von der Sonnenferne an, so dafs der Winkel zwischen dem von der Sonne ausgehenden Radius Vector und dem längeren Theile der gröfseren Axe die wahre Anomalie angab; da aber bei Kometen es nicht wohl anders möglich ist, als von der Sonnennähe an zu rechnen, so wird es immer mehr üblich, auch bei Planeten die Anomalie von der Sonnennähe an zu zählen [2].

1. Die Anomalie würde aus der bekannten Umlaufszeit eines Planeten und der seit der Ankunft des Planeten in der Sonnennähe verflossenen Zeit leicht gefunden, wenn die heliocentrische Bewegung des Planeten gleichförmig wäre. Dann nämlich würde man die Anomalie als viertes Glied einer Proportion erhalten, deren drei erste Glieder die ganze Umlaufszeit, die seit der Sonnennähe verflossene Zeit, und 360° sind. Die so gefundene Zahl heifst: *die mittlere Anomalie (anomalia media, anomalia moyenne, mean anomaly)* des Planeten, welche also angiebt, wie weit der Planet bei gleichförmiger heliocentrischer Bewegung in seiner Bahn gelangt seyn würde, oder *den mittleren Ort* des Planeten statt seines *wahren Ortes* bestimmt.
2. Der Unterschied zwischen dieser mittleren Anomalie und der wahren Anomalie, oder zwischen dem mittleren Orte und dem wahren Orte heifst *die Gleichung des Mittelpuncts* (aequatio centri, prostaphaeresis) und daher heifst

---

1 Da dieser Winkel ungleich wächst, wegen der ungleichförmigen Bewegung des Planeten: so hat er seinen Namen von dieser Ungleichheit (ἀνομαλία, Ungleichförmigkeit,) erhalten.

2 Z. B. Gauss theoria mot. corp. coel. p. 5.

Digitized by Google

die *wahre* Anomalie auch die *coäquirte*. Von dem Zunehmen und Abnehmen dieser Gleichung läfst sich leicht Folgendes übersehen. Es sey B D A die elliptische Planetenbahn, S die Sonne; so bewegt sich der Planet in der Sonnennähe B schneller, als es einer gleichförmigen Bewegung angemessen ist, und der Planet eilt also dem Puncte vor, wohin sein mittlerer Ort ihn setzen würde; die Gleichung des Mittelpuncts ist also positiv und nach und nach zunehmend, weil die in E und den benachbarten Puncten statt findende Geschwindigkeit immer noch gröfser, als die einer gleichförmigen Bewegung angemessene, ist. Aber wenn der Planet nach D gelangt, so befindet er sich ungefähr in der Gegend seiner Bahn, wo die heliocentrische Bewegung oder die Aenderung seiner wahren Anomalie so grofs ist, als sie bei gleichförmiger heliocentrischer Bewegung seyn würde. In dem Puncte, wo dieses genau statt findet, hört das Zunehmen der Mittelpunctsgleichung auf, oder der wahre Ort, der nach und nach bedeutend vor dem mittleren voraus gekommen ist, hat jetzt seine gröfste Entfernung von dem letzteren erreicht, und der Planet, dessen Bewegung in F, A immer langsamer wird, behält nach und nach einen immer kleineren Vorsprung vor seinem mittleren Orte, bis im Augenblick der Sonnenferne, in A, mittlerer Ort und wahrer Ort zusammenfallen oder die Mittelpunctsgleichung Null wird, weil die Hälfte der Bahn B D A genau in der halben Umlaufszeit durchlaufen wird. Wenn der Planet über A hinaus, mit seiner jetzt zu geringen Geschwindigkeit nach G gelangt, so ist er nicht so weit vorgerückt, als es bei gleichförmiger heliocentrischer Bewegung der Fall seyn würde; der wahre Ort bleibt hinter dem mittleren Orte zurück, die Gleichung des Mittelpuncts ist negativ und nimmt wieder eben so bis dahin zu, wo die Aenderung des wahren Ortes so grofs ist, als es die gleichförmige Aenderung fordert; von da an nimmt sie wieder ab und verschwindet in A.

2. Um den Punct der Bahn zu bestimmen, wo die Mittelpunctsgleichung am gröfsesten ist, überlege man Folgendes: Wenn C B = a, die halbe grofse Axe C D = b, die halbe kleine Axe der Ellipse ist; so wird der Inhalt der

Ellipse durch $= a.\ b.\ \pi$ ausgedrückt, und da die Flächenräume der Sectoren den Zeiten proportional sind, (nach dem ersten Keplerschen Gesetze[1]) so ist $\frac{t.\ ab\pi}{T}$ der Ausdruck für die Fläche irgend eines in der Zeit t beschriebenen Sectors, wenn T die ganze Umlaufszeit bedeutet. Zeichnet man also mit dem Radius SH gleich der mittleren Proportionallinie zwischen a und b, $SH = \sqrt{ab}$, einen Kreis, und trägt den Bogen $Hh = \frac{t.\ 360°}{T}$, und $Hh' = \frac{t.\ 360°}{T}$ für einen sehr kleinen Werth von t auf; so ist der Kreis-Sector $hSH = h'SH = \frac{ab\,t\,\pi}{T}$ und offenbar ist der elliptische Sector $k'SH < h'SH$, und der elliptische Sector $kSH > hSH$. In jeder kleinen Zeit $= t$, die der Ankunft in H vorhergeht, ist also der vom Planeten durchlaufene Bogen etwas gröfser als k'H, oder die Aenderung seiner wahren Anomalie gröfser als die Aenderung seiner mittleren Anomalie, statt dafs nach der Ankunft in H das Umgekehrte statt findet, weil nämlich der wirklich beschriebene Sector in jenem Falle $= HSh'$, in diesem Falle $= HSh$ seyn mufs. Der Punct H also, für welchen die Entfernung von der Sonne $= \sqrt{ab}$ ist, wird genau als derjenige bezeichnet, wo die Aenderung der Anomalie der gleichförmigen heliocentrischen Bewegung gleich und folglich die Mittelpunctsgleichung am gröfsesten ist.

4. Um die wahre Anomalie in jedem Augenblicke zu bestimmen, müfste man aus dem gegebnen Flächenraume des Sectors BSE, den Winkel BSE finden können; denn die Gröfse der Fläche ist der Zeit proportional, also für jeden gegebnen Zeitpunct als bekannt anzusehen. Dieses Problem, den Winkel BSE aus der Gröfse des elliptischen Sectors zu finden, heifst *das Keplersche Problem*, weil Kepler es zuerst[2] vorlegte, und zu einer indi-

1 Vergl. d. Art. *Bahn* eines Planeten I. 6.

2 Astron. nova *αἰτιολογητός*, seu comm. de motu stellae Martis cap. 59.

Digitized by Google

recten Auflösung gelangte. Noch jetzt ist die indirecte Auflösung die, welche sich am leichtesten übersehen läfst, und diese werde ich hier mittheilen, obgleich die Analysis auch zu einer entwickelten directen Darstellung geführt hat.

5. Da für einen jeden Zeitpunct die mittlere Anomalie als gegeben kann angesehen werden, so trage man auf dem um den Mittelpunct C der Ellipse mit dem Halbmesser CA = a gezeichneten Kreise den Bogen AX so auf, dafs ACX gleich der mittlern Anomalie sey. Denkt man sich nun zu gleicher Zeit P als den wahren Ort des Planeten, so dafs ASP seine wahre Anomalie ist, zieht durch P eine Senkrechte gegen die grofse Axe, welche in Q den Kreis trifft; so nennt man ACQ die *excentrische Anomalie*, anomalia excentrica, mit deren Hülfe man eine Gleichung zwischen der mittlern und wahren Anomalie findet.

Fig. 114.

Es sey die mittlere Anomalie ACX = m, die excentrische Anomalie ACQ = u, die wahre Anomalie ASP = v, der Abstand der Sonne vom Mittelpuncte der Ellipse SC = ε. a, der Radius Vector SP = r, die seit der Sonnennähe verflossene Zeit = t, die ganze Umlaufszeit = T; so ist nach dem ersten Keplerschen Gesetze Sector ASPA : Inh. der Ellipse = t : T und nach der Voraussetzung für die mittlere Anomalie; auch

Sector ACX : Inh. d. Kreis. = t : T. also Sector ASPA : Sector ACX = Inh. der Ell. : Inh. des Kreis. = b : a, wenn b die halbe kleine Axe der Ellipse ist. Aber aus der Eigenschaft der Ellipse, dafs jede Ordinate NP sich zu NQ verhält, wie b zu a, ist auch bekannt, dafs

Sector ASPA : Sect. ASQA = b : a ist, folglich Sector ASQA = Sector ACX und es mufs Sector XCQ = dem Dreieck CSQ seyn, oder

$\frac{1}{2} a^2 (u - m) = \frac{1}{2} a^2 \varepsilon$ Sin. u,

das ist $m = u - \varepsilon$. Sin. u,

wo m, u als Bogen in Theilen des Halbmessers ausgedrückt werden müssen. Diese Gleichung dient zwar eigentlich nur, um aus der gegebnen excentrischen Anomalie die mittlere zu finden, aber indirect, indem man

Digitized by Google

für u nahe richtige Werthe setzt, und daraus die genauen Werthe herleitet, kann sie auch dienen, u aus dem gegebenen m zu bestimmen. Gauſs[1] selbst zieht diese indirecte Methode der Reihen-Entwickelung vor.

6. Aus u aber läſst sich ν leicht finden. Trägt man nämlich $Sm = SP = r$ auf der Haupt-Axe auf und zieht P m, BQ, so ist $PmS = \frac{1}{2}\nu$,

$QBS = \frac{1}{2}u$;

$NQ = BN.\ Tang.\ \frac{1}{2}u$,

$NP = mN.\ Tang.\ \frac{1}{2}\nu$,

oder $\frac{NP}{NQ} = \frac{(r + x - a.\,\varepsilon)\ Tang.\ \frac{1}{2}\nu}{(a + x)\ Tang.\ \frac{1}{2}u}$

wenn ich $CN = x$ nenne;

da nun $\frac{NP}{NQ} = \frac{b}{a} = \sqrt{(1 - \varepsilon^2)}$ ist, und $r + x - a.\,\varepsilon = (a + x)(1 - \varepsilon)$, so wird $Tang.\ \frac{1}{2}\nu = \frac{\sqrt{(1+\varepsilon)}}{\sqrt{(1-\varepsilon)}}\ Tang.\ \frac{1}{2}u$.

Vermittelst dieser beiden Gleichungen wird also die excentrische Anomalie aus der mittleren, und die wahre aus der excentrischen bestimmt[2].

Eine directe Auflösung des Keplerschen Problems ist nur durch Entwickelung in Reihen möglich[3].

7. Die gröfste Gleichung des Mittelpunctes wird leicht aus der gegebnen Excentricität der Bahn gefunden[4].

8. Das Bisherige betraf die Bewegung in der Ellipse; in der Parabel findet man die wahre Anomalie leichter. Auch hier sind die vom Radius Vector beschriebenen Flächen-Fig. räume der Zeit proportional, und man hat daher, wenn S 55. die Sonne, AS die Hauptaxe ist, den Winkel $PSA = \nu$, sobald man ihn durch den Flächenraum angeben kann. Da nun in der Parabel $SP = r$, durch $r = q\ Sec.^2 \frac{1}{2}\nu$

---

1 Theor. mot. corp. coel. p. 10.

2 Die hier gebrauchten geometr. Sätze kann man nachsehen in meinem Lehrb. d. höhern Geom. (Leipz. Kummer) 1 Th. §. 171. 175. 222.

3 Schuberts theoret. Astron. 2 Th. 3 Absch. 7. Cap. Laplace mec. cél. Livre II. Chap. 3. §. 20. 22. Schubert im Astron. Jahrb. 1820. 114. 229. u. Degen daselbst für 1821. S. 88.

4 Gauſs p. 16.

ausgedrückt wird, wenn q der Abstand S A in der Sonnennähe ist; so hat man den Sector $= \frac{1}{2} \int r^2 d\nu = \frac{1}{2} q^2 \int d\nu$. Sec.$^4 \frac{1}{2}\nu = q^2 \int \{ 1 + \text{Tang.}^2 \frac{1}{2}\nu \}$. d. (Tang. $\frac{1}{2}\nu$) $= q^2 \{ \text{Tang.} \frac{1}{2}\nu + \frac{1}{3} \text{Tang.}^3 \frac{1}{2}\nu \}$. Um aus diesem Werthe bequemer ν zu finden, hat man Tafeln berechnet, unter denen die Barkersche[1] die bequemste ist. Sie enthält unter dem Titel: *Mittlere Bewegung*, den Werth von 75. $\{ \text{Tang.} \frac{1}{2}\nu + \frac{1}{3} \text{Tang.}^3 \frac{1}{2}\nu \}$ für jeden Werth von ν angegeben, und der parabolische Sector $=$ S ist also, wenn ich jene Zahl der Tafel $=$ B nenne: $S = q^2 . \frac{B}{75}$. Der Sector ist aber der Zeit proportional $=$ A. t, also $t = \frac{q^2 . B}{A . 75}$, wo A eine für jede Kometenbahn gegebene Gröfse ist. In dem Artikel: Bahn eines Planeten oder Kometen, (unter II. 7.) ist gezeigt, dafs $S = m . t \sqrt{29}$ ist, wenn m die dort angegebne constante Zahl bedeutet, also ist hier $A = m \sqrt{29}$, $t = \frac{B . q^{\frac{3}{2}}}{75 . m . \sqrt{2}}$.

oder für t $=$ 1 Tag, ist

$B = \frac{75 . m . \sqrt{2}}{q^{\frac{3}{2}}}$, und dieses ist es, was man *mittlere tägliche Bewegung* nennt. — Die constante Zahl 75. m. $\sqrt{2}$, deren Logarithme $= 9{,}9601283$, ist *die mittlere tägliche Bewegung* desjenigen Kometen, der in seinem Perihelio so weit von der Sonne ist, als die Erde in ihrer mittlern Entfernung von der Sonne.

9. Der Grund, warum in der Barkerschen Tafel der Multiplicator 75 gewählt oder 75. $S = q^2 . B$, gesetzt ist, läfst sich hieraus leicht übersehen. Für $\nu = 90°$, wird die Gröfse des Sectors zufolge der Integration $= \frac{4}{3} q^2$, und dieses $= 100$ gesetzt, für $q = 1$, oder für den Kometen, dessen kleinster Abstand dem mittlern Abstande der Erde von der Sonne gleich ist, giebt jene Bestimmung. Ein solcher Komet würde in 109,61543 Tagen zur Anomalie $= 90$ Grade gelangen, und die in einem

---

1 Die in Olbers Methode die Bahn eines Kometen zu berechnen (Weimar 1797.) Taf. IV. abgedruckt ist.

Digitized by Google

Tage beschriebene Fläche ist also für ihn $= \frac{100}{109,6153}$ $= 0,9122802$, welches aber die Zahl ist, die $= 75.$ m. $\sqrt{2}$. war[1].

10. Wie man die Anomalie in einer nicht sehr von der Parabel abweichenden Ellipse bestimmt, haben Olbers und Bessel gezeigt[2]. *B.*

Anthrakometer.

Kohlensäuremesser; (von ἄνθραξ die Kohle und μετρέω ich messe) ist ein Werkzeug, welches A. v. Humboldt[3] angegeben hat, zunächst um die Quantität der in der atmosphärischen Luft befindlichen Kohlensäure aufzufinden, im Allgemeinen aber auch um die Anwesenheit und Menge dieser Gasart in sonstigen Mengungen expansibeler Flüssigkeiten zu erkennen und zu messen. Dasselbe besteht aus einer krumm gebogenen Glasröhre mit einer Kugel und am andern Ende mit einer messingnen Fassung, in welche die Kohlensäure gebracht, und durch Kalkwasser, oder kaustisches Kali absorbirt wird. Indem aber dieser Apparat zunächst unter die chemischen gehört und man aufserdem den Kohlensäuregehalt der Gasarten mit gleicher Leichtigkeit und Sicherheit vermittelst jeder graduirten Glasröhre durch etwas hineingebrachtes kaustisches Kali, Ammoniak, oder Kalkwasser u. s. w. finden kann; so ist eine nähere Beschreibung hier überflüssig. *M.*

Antimon.

Antimonium; Spiefsglanzmetall; *Antimonium, regulus antimonii; stibium*; Antimoine; *Antimony*. Dieses Metall kommt vorzüglich in Verbindung mit Schwefel, als Grauspiefsglanzerz in der Natur vor, und wird hieraus theils durch Rösten und nachheriges Schmelzen mit Weinstein, theils durch unmittelbares Schmelzen mit schwarzem Flufs oder mit Eisen gewonnen.

---

1 Genaue praktische Anleitung zur Rechnung findet man bei Olbers. in Anhang S. 69.

2 In den im Art. *Bahn* II. 15. angeführten Schriften.

3 Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises u. s. w. Brsch. 1799. 8. Vergl. G. III. 77.

Digitized by Google

Es hat ein ausgezeichnet blättriges Gefüge, ein spec. Gew. von 6,700, ist sehr spröde und nicht sehr hart, schmilzt bei einer mäfsigen Rothglühhitze und verdampft in einer höheren Temperatur.

Aufser einem noch zweifelhaften Antimonsuboxyd, welches am wenigsten Sauerstoff enthält, sind folgende 3 Oxydationsstufen des Antimon's anzunehmen.

1. *Antimonoxydul* (64 Antimon auf 12 Sauerstoff). Gelblich weifs, leicht schmelzbar, in höherer Temperatur verdampfend. Aus seiner Verbindung mit den Säuren entstehen die Antimonoxydulsalze, welche, wenn sie im Wasser löslich sind, mit Zink einen schwarzen metallischen, mit Hydrothionsäure einen pommeranzenfarbigen Niederschlag geben, oft auch durch Verdünnung mit Wasser gefüllt werden, und denen die Brechen-erregende Wirkung des Antimons in vorzüglich hohem Grade zukömmt. Die gebräuchlichsten Antimonoxydulsalze sind: das hydrothionsaure Antimonoxydul (Mineralkermes) das hydrothionigsaure Antimonoxydul (goldfarbiger Spiefsglanzschwefel) und das weinsaure Antimonoxydul-Kali (Brechweinstein).
2. *Antimonige Säure* (64 Antimon auf 16 Sauerstoff). Sie bildet sich beim Verbrennen des Antimon's an der Luft in Gestalt von weifsen Nadeln und Flocken (Spiefsglanzblumen), ist weder im Wasser noch in Säuren (aufser in concentrirter Salzsäure) löslich, und wird wegen ihrer Fähigkeit, mit einigen Salzbasen Verbindungen einzugehen, als eine sehr schwache Säure betrachtet.
3. *Antimonsäure* (64 Antimon auf 20 Sauerstoff). Beim Glühen des Antimon's mit Salpeter bildet sich Antimonsaures Kali, aus dessen Auflösung in Wasser man durch Salpetersäure das weifse Hydrat der Antimonsäure niederschlagen kann; dieses liefert dann beim gelinden Erhitzen die strohgelbe Antimonsäure. Dieselbe hat mit vielen andern metallischen Substanzen (Zinkoxyd, Quecksilberoxyd, Eisenoxyd, Chromoxydul, Zinnober u. s. w.) die Eigenschaft gemein, bei verschiedenen Temperaturen eine verschiedene Farbe zu zeigen, und zwar ist sie in der Kälte strohgelb, wird beim Erhitzen pomeranzen-

Digitized by Google

und bräunlichgelb, und nimmt beim Erkalten wieder die ursprüngliche Farbe an. Sie verhält sich gegen Wasser, Säuren und Salzbasen der Antimonigen Säure ähnlich, und bildet mit den letzteren die Antimonsauren Salze. Mit Chlor bildet das Antimon das *Chlorantimon*, welches sich in ganz wasserfreiem Zustande als ein sehr leicht verdampfbares, rauchendes, sehr schweres Oel darstellt, (Spiefsglanzöl) beim Zutritt von wenig Wasser jedoch in eine feste krystallinische, minder flüchtige Materie übergeht, welche in mäfsiger Wärme schmilzt. (Spiefsglanzbutter).

In Verbindung mit Schwefel (64 Antimone auf 24 Schwefel) bildet das Antimon die bekannte metallglänzende, spröde, leicht schmelzbare Materie, welche in der Mineralogie *Grauspiefsglanzerz*, und nach dem Ausschmelzen aus der Bergart Spiefsglanz, roher Spiefsglanz genannt wird.

Aus der Vereinigung dieses Schwefelantimon's mit verschiedenen Mengen von Antimonoxydul entspringt das Spiefsglanzglas und der Metallsafran, und aus seiner Vereinigung mit Schwefelkalium oder Schwefelnatrium die Spiefsglanzleber. *G.*

Anwandelungen.

Anwandelungen des leichteren Durchgangs oder der leichteren Zurückwerfung; *Accessus* oder *vices facilioris transmissus aut facilioris reflexionis;* Accès de facile transmission, accès de facile réflexion; *Fits of easy Transmission or of easy Reflexion.* Eine Reihe von Erscheinungen, von denen ich sogleich die wichtigsten erwähnen werde, bewogen Newton anzunehmen, dafs jedes Lichttheilchen, welches durch eine brechende Fläche in eine andre Materie eingetreten ist, in diesem Durchgange durch die brechende Fläche eine gewisse vorübergehende, aber periodisch wieder eintretende Disposition erlangt habe, vermöge welcher es, wenn es während derselben eine neue brechende Fläche erreicht, leicht durch diese hindurch geht, statt dafs es, wenn es in den Zwischenzeiten, wo diese Disposition nicht statt findet, an eine neue brechende Fläche gelangt, leichter, ob-

Digitized by Google

gleich nicht nothwendig, zurückgeworfen wird[1]. Diese periodisch wechselnden Zustände sind das, was man Anwandelungen nennt. Der Raum, welcher das Lichttheilchen durchläuft zwischen dem Eintreten gleicher Zustände heifst *der Zwischenraum der Anwandelungen*, Intervallum vicium, l'intervalle des accès, Interval of Fits, oder auch *die Länge einer Anwandlung*[2] longueur de chaque accès.

Erscheinungen, welche Newton auf diese Anwandelungen führten.

2. Newton bediente sich, um diese Erscheinungen hervorzubringen, vorzüglich zweier Objectivgläser, eines convex-convexen, dessen Oberflächen Theile sehr grofser Kugelflächen waren, und eines planconvexen Glases. Das letztere wurde mit seiner ebenen Seite auf jenes gelegt, und indem man es nun nach und nach immer stärker an dasselbe andrückte, zeigten sich um den Mittelpunct Farbenringe, die sich bei Zunahme des Druckes erweiterten und immer neue Farben darboten. War nämlich bei mäfsigem Drucke eine Farbe in der Mitte hervorgegangen, so breitete diese sich bei etwas verstärktem Drucke weiter aus, bis in der Mitte eine neue Farbe entstand, wo dann jene erste einen Ring um diese zweite bildete. Bei noch mehr verstärktem Drucke wurde der Durchmesser dieses Ringes gröfser, während seine Breite abnahm, und es entstand nun in der Mitte ein neuer farbiger Kreis, den zunächst ein Ring von der eben aus der Mitte gleichsam verdrängten Farbe umgab, welchen ein zweiter Ring von der ersten Farbe umfaste. So entstanden bei zunehmendem Drucke nach und nach in der Mitte immer neue Farben, um welche sich die nach und nach aus der Mitte verdrängten Farben als Ringe

---

1 Newton hat diesen Gegenstand umständlich in seinem Werke: Optice, sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus et coloribus lucis abgehandelt, wo das zweite Buch diesen Gegenstand betrifft. Manche Erläuterungen findet man in Biot Traité de Physique. Tome IV. Chap. 4. Diesen beiden Schriftstellern werde ich hier vorzüglich folgen.

2. Nach Biot.

Digitized by Google

in derselben Ordnung zeigten, bis endlich in der Mitte ein schwarzer Fleck, umgeben mit jenen Farbenringen hervorging. Bei nachlassendem Drucke zeigten sich alle diese Erscheinungen in entgegengesetzter Ordnung. Jener schwarze Fleck entstand dadurch, dafs da, wo bei starkem Drucke die Gläser sich innig berührten, die Lichtstrahlen fast gar nicht zurückgeworfen wurden, sondern fast so frei durchgingen, als ob es nur eine einzige Glasmasse wäre.

Die Farbenringe folgten einander in dieser Ordnung: den *schwarzen Kreis* in der Mitte umgab ein *blauer*, dann ein *weifser*, *rother*, *gelber* Ring; der blaue Ring war schwach, der rothe und gelbe waren sehr deutlich und eben so breit als der weifse, nämlich vier bis fünf mal so breit, als der blaue. Diese Farbenringe umschlofs eine zweite Farbenfolge, *Violett, Blau, Grün, Gelb, Roth;* diese Farben waren alle breit und hell, blofs mit Ausnahme des Grünen, welches verwaschen und schmal erschien; unter den übrigen Ringe war der violette am schmälsten, der blaue breiter, der gelbe und rothe noch breiter. Die dritte Farbenfolge zeigte *Purpur, Blau, Grün, Gelb, Roth;* das Purpur war röther als das Violett der vorigen Reihe, das Grün war lebhafter als dort, und stand an Intensität nur dem Gelben nach, das Roth war verwaschener und ging in Purpur über. Die vierte Farbenreihe bestand aus Grün und Roth, — ein lebhaftes Grün, das an der einen Seite bläulich, an der andern gelblich war, das Roth dagegen unvollkommen und matt. Die folgenden Farben waren noch verwaschener, bis sie nach drei oder vier neuen Wiederholungen in Weifs übergingen[1].

3. Um die *Dicke der Luftschichten* zu bestimmen, wo sich

---

[1] 1 Herschel bestätiget die genaue Richtigkeit dieser Beob. Philos. Transact. for 1807. p. 182. 196.

Um diese Erscheinungen wenigstens zu sehen, reicht schon ein gewöhnliches Brennglas von nicht zu geringer Brennweite hin. Drückt man dieses fest an ein ebenes Glas, so sieht man sogleich ein schwarzes Fleckchen, welches durch eine vergröfsernde Linse besehen, mit mehrern hellen und dunkeln Ringen umgeben erscheint, deren Farben bei sehr schwachem Drucke am deutlichsten werden.

Digitized by Google

bei unveränderter Lage des Auges diese Ringe zeigten, bestimmte Newton die Durchmesser der sechs ersten Farbenfolgen. Er nahm nämlich zuerst die Durchmesser der Ringe, die am glänzendsten erschienen, (das heifst des Kreises, der in der Mitte des Weifs, in der Mitte des Gelb, in der Mitte des folgenden Gelb u. s. w. lag,) und fand, dafs die Quadrate der so gefundenen Zahlen sich wie 1, 3, 5, 7, 9, 11 verhielten. Da nun der Abstand eines Kreises von seiner Tangente auch dem Quadrate der Entfernung vom Berührungspuncte proportional ist, so ergab sich hieraus, dafs die Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 die verhältnifsmäfsige Dicke der Luftschichten für die Stelle ausdrückten, wo der erste helle Ring u. s. w. erschien. Ebenso wurden auch die Durchmesser der dunkelsten Theile jeder Farbenfolge (diese dunkeln Ringe fallen mit dem Violett und Blau zusammen) gemessen und so gefunden, dafs ihre Quadrate sich wie 2, 4, 6, 8, 10, 12 verhielten. Diese Messungen wurden mehrmals und bei verschiedenen Gläsern wiederholt, und gaben im Wesentlichen immer dasselbe.

4. Da der Durchmesser der Kugel bekannt war, zu welcher die Oberfläche des einen Objectivs gehörte und die Oberfläche des andern eben war, so liefs sich aus den Durchmessern der Ringe die zugehörige Dicke der Luftschichten berechnen. Diese ergab sich aus einem Mittel mehrerer, und an verschiedenen Gläsern angestellter Messungen $= \frac{1}{89000}$ Zoll für den ersten dunkeln Ring, also $= \frac{1}{178000}$ Zoll für den ersten hellen Ring; und wenn man diese letztere Zahl mit 1, 3, 5, 7, 9, 11 multiplicirt, so erhält man die Dicke der Luftschichten für die sechs ersten hellen Ringe für die Stellen, wo sie am glänzendsten sind, statt dafs die Zahlen $\frac{2}{178000}$, $\frac{4}{178000}$ und so ferner die Dicke der Luftschichten für die dunkelsten Stellen der dunklern Ringe geben[1].

5. Die Ringe änderten ihre Gröfse, wenn *das Auge eine andre Stellung* erhielt; sie vergröfserten sich nämlich, je

1 Bei den Messungen sind einige Correctionen nöthig, die ich hier nicht anführe, die aber Newton obs. 6. erwähnt.

Digitized by Google

schiefer die Richtung der Strahlen war, oder je mehr sich das Auge von der senkrechten Stellung über dem Glase entfernte. Die eben angegebnen Dicken der Luftschichten gelten für senkrechte Strahlen; bei schief auffallenden Strahlen rücken aber die Ringe derselben Ordnung oder derselben Farbenfolge zu andern Stellen, zu dickern Luftschichten fort und entstehen zum Beispiel für einen Einfallswinkel von 30 Graden, da wo die Luftschicht etwa $1\frac{2}{3}$ mal so dick, für einen Einfallswinkel von 40 Graden, da wo die Luftschicht 8,4 mal so dick ist, als an der Stelle, wo sie bei senkrecht auffallenden Strahlen beobachtet werden. Newton sowohl als Biot haben eine den Beobachtungen entsprechende analytische Formel angegeben, die das Gesetz dieser nach dem Einfallswinkel veränderlichen Dicke ausdrückt[1].

Diese Beobachtungen zeigen zugleich, dafs die Farben der Ringe klarer hervortreten, je mehr man sie in einer geneigten Stellung des Auges betrachtet, was sich, da die Farben nicht auf einen so engen Raum beschränkt sind, und sich nicht so in einander verlieren, wohl erklären läfst.

Man bemerkt bei diesen Beobachtungen auch eine geringere Vergröfserung des schwarzen Fleckes in der Mitte, wodurch sich zeigt, dafs nicht blofs da, wo die Gläser sich innig berühren, sondern auch da, wo schon eine ungemein dünne Luftschicht zwischen ihnen liegt, die Lichtstrahlen gar nicht oder doch nur wenig zurückgeworfen werden. Hieraus erklärt sich dann auch, warum, selbst bei senkrecht auffallenden Strahlen die Gröfse des schwarzen Fleckes mehr beträgt, als für die eigentliche Berührung beider Gläser statt finden könnte.

6. Die bisher betrachteten Ringe entstanden durch *zurückgeworfenes* Licht; aber ganz ähnliche Ringe zeigten sich auch, wenn man durch jene auf einander gelegten Objectivgläser *hindurch sah*. Hier beobachtete man in der Mitte einen *weifsen kreisförmigen Fleck*, und die Farbenringe folgten einander von der Mitte an in dieser Ordnung: *roth* ins gelbliche fallend, *schwarz; violett, blau, weifs, gelb, roth; violett,*

1 Newton. observ. 7. und Biot. p. 27.

blau, *grün*, *gelb*, *roth*, und so weiter. Diese Farben waren matt und traten nur bei sehr schief auffallenden Strahlen lebhafter hervor. Bei genauerer Beobachtung zeigte sich, dafs diese vermittelst der Durchlassung gesehenen Farben, dem Orte nach, den vermittelst der Zurückwerfung erscheinenden so entsprachen, dafs das *Weifs* dem *Schwarz*, das *Roth* dem *Blau*, das *Gelb* dem *Violett*, das *Grün* einer aus *Roth* und *Violett* gemischten Farbe gegenüber lag, das heifst: eben die Puncte, welche dem *auf* die Gläser blickenden Auge weifs erschienen, wurden von dem *durch* die Gläser sehenden Auge schwarz gesehen, und eben so sah jenes Auge an eben der Stelle gelb, wo dieses violett sah und so ferner. Die Figur zeigt dies am besten, und es geben da die oben stehenden Worte die zurückgeworfnen, die unten stehenden Worte die durchgelassenen Strahlen an.

Fig. 56.

7. Eben solche Ringe, wie hier die Zurückwerfung und Durchlassung sie bei dünnen Luftschichten ergiebt, entstehen auch, wenn man einen Wassertropfen zwischen die Gläser bringt. Diese Ringe sind aber kleiner und wenn man die Abmessungen so wie vorhin und an Ringen von eben der Ordnung wiederholt, so findet man, dafs die Durchmesser etwa $\frac{7}{8}$ der vorigen betrugen, das ist, (da $\frac{49}{64}$ beinahe $= \frac{3}{4}$), dafs die Dicke der Wasserschicht, welche einem gewissen Farbenringe zugehört, sich zur Dicke der Luftschicht, welche eben die Farbe in eben der Ordnung der Farbenfolgen darstellt, wie 3 zu 4 verhält, welches gerade das Brechungsverhältnifs für Luft und Wasser ist.

Um sich hier recht in die Augen fallend zu überzeugen, dafs man wirklich dieselbe Farbenreihe in beiden Fällen erhalte, kann man es, wenn die Gläser recht trocken sind, so einrichten, dafs der Wassertropfen nur von einer Seite her gegen die Mitte antritt; dann erscheinen die gröfseren Ringe, da wo die Gläser trocken bleiben, zugleich mit den kleineren die durch die Wasserschicht hervorgebracht werden, und man kann leicht beobachten, die wievielte Farbenfolge in jenen Ringen mit einer bestimmten Farbenfolge in diesen

Digitized by Google

Ringen zusammentrifft, woraus denn das Verhältnifs der Durchmesser hervorgeht[1].

Aus dem hiedurch gefundenen Verhältnifs der Dicken für Wasserschichten und Luftschichten, läfst sich nun wohl der allgemeine Schlufs ziehen, dafs bei verschiedenen Materien, welche jene Schichten oder Lamellen oder Blättchen bilden, eine bestimmte Farbe irgend einer bestimmten Ordnung sich allemal da zeigen mufs, wo die Dicke der Schicht durch n . e ausgedrückt wird, wenn e die Dicke der Luftschicht für eben die Farbe und n das Brechungsverhältnifs für den Uebergang aus Luft in diese Materie bezeichnet.

8. Aehnliche Erscheinungen, wie die bisher beschriebenen zeigen sich uns auch da, wo durch andre Mittel eine dünne Wasserschicht den auffallenden Lichtstrahlen ausgesetzt wird. Die *Blasen von Seifenwasser* passen sich, weil sie, zumal wenn sie gegen Luftzug geschützt werden, ziemlich lange bestehen, recht gut, um die Farbenringe an ihnen zu beobachten. Bei ihnen sind die Farbenringe schöner als bei den vorhin beschriebenen Versuchen, und die Folge der Ringe und selbst der Wechsel der Farben stimmt ganz mit dem überein, was wir bisher betrachtet haben. Es läfst sich wohl einsehen, dafs eine auf der Oberfläche des Wassers schwimmende halbkugelförmige Seifenblase an dem Gipfel aus einer sehr dünnen Wasserschicht, die herabwärts immer dicker wird, bestehen mufs; bei längerem ganz ruhigem Bestehen der Blase wird sich oben das Wasserblättchen am meisten verdünnen, indem das Wasser sich an den Seiten herabsenkt, auch die Seitenwände werden aus eben dem Grunde allmählig dünner werden, und endlich wird die Blase an ihrem Gipfel zerspringen. Aus diesen Umständen, die bei einem ganz gleichförmigen Fluidum nicht wohl anders seyn können, lassen sich dem Vorigen gemäfs die Farben dieser Blasen erklären[2].

---

1 Diese Vergleichung hat Biot angestellt p. 32. Newtons Versuche sind in seiner observ. 10. 11.

2 Obgleich wegen der nicht vollkommenen Gleichartigkeit des Seifenwassers manche kleine Unregelmäfsigkeiten vorkommen, die New-

Digitized by Google

Wenn man die Blasen von oben betrachtet, oder das von ihnen zurückgeworfene Licht wahrnimmt, so zeigen sich an ihnen die Farben auf folgende Weise: die Farbenringe umgeben den Gipfel der Blase concentrisch, und nach und nach (offenbar weil die Dicke der Lamelle an einer bestimmten Stelle abnimmt, oder dieselbe Dicke allmählig hinabwärts rückt,) geht der Farbenring, den man an einer gewissen Stelle beobachtete, zu tiefer liegenden Stellen über. So entstehen nach und nach am Gipfel der Blase andere Farben, die sich später vom Gipfel entfernen und neuen Farben Raum machen, bis zuletzt sich ein schwarzer Fleck am Gipfel zeigt, der ein Vorbote des Zerspringens ist. Dieser schwarze Fleck scheint, obenhin angesehen, gar kein Licht zurückzuwerfen; aber bei genauerer Betrachtung sieht man doch, dafs zwar wenig Licht, aber doch etwas allerdings zurückgeworfen wird.

Um die Ringe am besten zu sehen, mufs man sich so stellen, dafs die Blasen vor einem dunkeln Hintergrunde erscheinen, und das Licht weifser Wolken von ihnen zurückgeworfen werde; dann folgen die Farben vom Rande her einander in dieser Ordnung: *roth, blau; roth, blau; roth, blau; roth, grün; roth, gelb, grün, blau, purpur; roth, gelb, grün, blau, violett; roth, gelb, weifs, blau, schwarz.* — Das letzte Schwarz bildet den Gipfel und man sieht leicht, dafs die *Farbenfolge genau dieselbe ist*, wie (No. 2) bei den dünnen Luftschichten[1]. Auch hier erweiterten sich die Ringe, wenn die Lichtstrahlen schief auffielen, jedoch nicht so stark, als bei den oben erzählten Versuchen[2].

Die durchgelassenen Strahlen zeigten auch hier die Farbe, welche der Farbe der zurückgeworfenen entgegengesetzt ist, zum Beispiel, wenn eine Blase von oben her gesehen *blau* am Rande erschien, so zeigte sie sich *roth* am Rande, wenn man durch sie hindurch sah, und umgekehrt[3].

---

ton auch erwähnt; (obs. 17.) so ist doch das Folgende als der eigentliche, regelmäfsige Verlauf der Erscheinungen anzusehen.

1 Newton. obs. 18.

2 Newton. obs. 19.

3 Newton. obs. 20.

Digitized by Google

9. Die bisher betrachteten Erscheinungen zeigen sich, wenn das gewöhnliche Tageslicht auf die Luftschicht oder Wasserschicht auffällt; da sich aber hierbei verschiedene Farben zeigen, so mufste Newton sehr bald zu dem Gedanken geleitet werden, dafs er die Erscheinung noch nicht in ihrer einfachsten Form dargestellt habe, und dafs es nothwendig sey, sie so zu beobachten, wie sie sich beim Auffallen einfacher Farbenstrahlen darstelle.

Er wiederholte daher die Versuche mit den auf einander gelegten Gläsern im verdunkelten Zimmer, wo er mit Hülfe des Prisma's die Beobachtung in Beziehung auf jede Art farbigen Lichtes anstellen konnte. Er stellte hier, um die durch Zurückwerfung entstehenden Farbenringe zu beobachten, das Auge so, dafs er ein mit einfarbigem Lichte erhelltes, weifses Papier abgespiegelt in den Gläsern sah; und um die durch hindurchgelassene Strahlen entstehenden Ringe zu beobachten, liefs er die aus dem Prisma hervorgehenden Farbenstrahlen geradezu auf die Gläser fallen, und beobachtete die auf einem hinter dem Glase gehaltenen weifsen Papiere sich darstellenden Ringe.

Hier zeigte sich nun zwar eine eben solche Folge von Ringen, aber diese Ringe, sowohl die durch Zurückwerfung als die vermöge der durchgelassenen Strahlen entstehenden zeigten nur die *eine* Farbe, die man auffallen liefs. Diese Ringe waren deutlicher und ihre Anzahl gröfser, als bei den Versuchen im offenen Lichte. Zwischen diesen gefärbten Ringen erschienen *dunkle Zwischenräume*[1], und wenn man die durch Zurückwerfung gesehenen Ringe mit denen, die von durchgelassenen Strahlen derselben Farbe hervorgebracht wurden, verglich, so fand sich, dafs die letztern den dunkeln Zwischenräumen jener entsprachen, und umgekehrt. Wenn man die auffallende Farbe änderte, das ist durch Drehung des Prisma's auf das Papier oder auf die Gläser einen anders gefärbten Strahl fallen liefs, so veränderte sich die Gröfse der Ringe und zwar so, dafs sie am gröfsten waren für die äufsersten Grenze des rothen Lichtes und sich allmählig verkleinerten bis zur äufsersten Grenze des

1 Newton nennt sie nigra interordinia, obs. 15.

Digitized by Google

violetten Lichtes, in dem Mafse, dafs die Zwischenräume der Gläser oder die Dicke der Luftschichten sich in beiden äufsersten Fällen verhielt wie 14 zu 9[1].

Die Abmessungen der einzelnen gleich gefärbten Ringe fanden sich auch hier dem entsprechend, was im vollen Lichte in Beziehung auf die hellsten und dunkelsten Kreise angegeben ist, nämlich dafs die Quadrate der Zahlen, welche die Halbmesser der glänzenden Ringe ausdrückten, (oder vielmehr des glänzendsten Theiles dieser Farbenringe, die nach beiden Seiten hin ein abnehmendes Licht zeigten, und so in das Dunkel der angrenzenden Ringe übergingen,) sich wie 1, 3, 5, 7, etc. verhielten, und die Quadrate der Halbmesser der dunkeln Ringe wie 2, 4, 6, etc. Die durch gelbe Strahlen hervorgebrachten Ringe hatten sehr genau eben den Durchmesser wie die hellste Gegend oder das Gelb der Ringe, die man im offenen Tageslichte sah, oder dem Gelb entsprachen eben die Dicken der Luftschichten, die in Nr. 4 angegeben sind[2]. Um aber die den verschiedenen Farben entsprechenden Erweiterungen oder Verengerungen der Ringe zu bestimmen, wurde die Veränderung des Durchmessers, die irgend ein bestimmter Ring erlitt, beobachtet; diese Aenderung war am bedeutendsten, wenn man bei der Drehung des Prisma's von der einen Grenze des Roth bis zur andern Grenze des Roth fortging, und am geringsten, wenn man von der einen Grenze des Violett bis zur andern Grenze des Violett fortging. Die ganze Reihe der Versuche aber schien Folgendes zu ergeben[3]: Wenn man die Dicke der Luftschichten berechnet, welche den Grenzen der sieben Farben, roth, orange, gelb, grün, blau, indigoblau, violett, entsprechen, so stimmen diese Dicken für die acht Grenzen mit dem Verhältnifs der Cubikwurzeln aus den Quadraten der Zahlen 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$ überein[4]. Hiernach

1 Newton. obs. 13.

2 Newton. obs. 16.

3 Newton sagt sehr bescheiden: hinc id mihi colligere videor; in obs. 14.

4 Diese Zahlen haben eine Uebereinstimmung mit den Saitenlängen der musikalischen Tonleiter, und man kann sich daher des Gedankens nicht erwehren, dafs Newton vielleicht hier der Neigung eine Ue-

Digitized by Google

müfste also, wenn in einer gewissen Farbenfolge e die Dicke der Luftschicht bedeutet, für den innern Rand des Ringes, den die äufsersten rothen Strahlen bilden, diese Dicke seyn = 0,9243. e = e $\sqrt[3]{(\frac{8}{9})^2}$ für den innern Rand des Ringes, welchen Strahlen an der Grenze des Roth und Orange bilden u. s. w.

10. Diese Beobachtungen setzen uns nun in Stand, den Ort aller einzelnen Farbenringe, so wie sie entstehen, wenn jede Farbe, unvermischt mit andern, vorhanden ist, anzugeben und daraus zu berechnen, ob sich denn die Farbenringe, die sich im vollen Tageslichte zeigten, an eben den Stellen finden, die ihnen hiernach zukommen würden. Wenn wir nämlich die Dicke der Luftschicht = e nennen für den Ort, wo eine gewisse Farbe den ersten durch Zurückwerfung entstehenden Ring am glänzendsten zeigt, so ist für die Mitte des nächsten dunklen Zwischenraumes die Dicke = 2e, für die Mitte des nächsten farbigen Ringes = 3e und so ferner, und es läfst sich leicht übersehen, dafs der innere Rand des ersten Ringes mit der Dicke = $\frac{1}{2}$e, der äufsere Rand mit der Dicke = $\frac{3}{2}$ e, der innere Rand des zweiten Ringes mit der Dicke = $\frac{5}{2}$ e, der äufsere Rand desselben mit der Dicke = $\frac{7}{2}$ e zusammen gehört. War nun ferner e die Dicke der Luftschicht für den hellsten Theil des ersten Ringes, der durch die rothen, die äufserste Grenze des Farbenbildes ausmachenden Strahlen dargestellt wird, so ist e $\sqrt[3]{\frac{64}{81}}$ = e. 0,9243 die Dicke der Luftschicht für den hellsten Ring, den ein an der Gränze des Roth und Orange liegender Farbenstrahl als den ersten durch Zurückwerfung bildet, und eben so sind 0,8855. e für die Grenze des Orange nnd Gelb, 0,8255. e für die Grenze des Gelb und Grün, 0,7631. e für die Grenze des Grün und Himmelblau, 0,7114. e für die Grenze des Himmelblau und Indigoblau, 0,6814. e für die Grenze des Indigo und Violett, 0,6300. e für die äufserste Grenze des Farbenbildes die dem ersten Ringe entsprechenden Dicken.

---

bereinstimmung zwischen Farben und Tönen zu finden, etwas zu sehr nachgab; indefs zeigen die folgenden Vergleichungen, dafs diese Zahlen nicht viel von der Wahrheit abweichen können.

Digitized by Google

Für die Grenze des Gelb und Orange giebt Newton diese Dicke $= \frac{1}{178000}$ Zoll oder $= 5{,}618$ Milliontel Zoll an, als angehörend dem glänzendsten Orte des ersten Ringes, und hieraus lassen sich nun die Dicken der Luftschichten für alle Ringe berechnen. Ich theile hier nur [1] einen Auszug aus der von Biot berechneten Tafel mit, der zu unserm Zwecke hinreicht.

Tafel für die Dicke der Luftschichten, welche den innern und äufseren Grenzen der durch bestimmte Lichtstrahlen gebildeten Ringe entsprechen, in Millionteln des engl. Zolls

	Grnz. des Viol.	Grnz. des Viol. u. Indigo	Grnz. des Indig und Blau	Grnz. des Blau und Grün	Grnz. des Grün und Gelb	Grnz. des Gelb und Orng.	Grnz des Orng. und Roth	Grnz. des Roth
erster Ring								
innerer Rand	2,0	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	3,2
äufserer Rand	6,0	6,5	6,8	7,3	7,9	8,4	8,8	9,5
zweiter Ring								
innerer Rand	10,0	10,8	11,3	12,1	13,1	14,0	14,7	15,9
äufserer Rand	14,0	15,1	15,8	16,9	18,3	19,7	20,5	22,2
dritter Ring								
innerer Rand	18,0	19,5	20,3	21,8	23,6	25,3	26,4	28,5
äufserer Rand	22,0	23,8	24,8	26,6	28,8	30,9	32,3	34,9
vierter Ring								
innerer Rand	26,0	28,1	29,3	31,5	34,0	36,5	38,1	41,2
äufserer Rand	30,0	32,4	33,9	36,3	39,3	42,1	44,0	47,6
fünfter Ring								
innerer Rand	34,0	36,7	38,4	41,2	44,5	47,8	49,8	53,9
äufserer Rand	38,0	41,1	42,9	46,0	49,8	53,4	55,7	60,3
sechster Ring								
innerer Rand	42,0	45,4	47,4	50,8	55,0	59,0	61,6	66,6
äufserer Rand	46,0	49,7	51,9	55,7	60,2	64,6	67,4	73,0
siebenter Ring								
innerer Rand	50,0	54,0	56,4	60,5	65,5	70,2	73,3	79,3
äufserer Rand	54,0	58,4	60,9	65,4	70,7	75,8	79,2	85,6

1 Biot. p. 53.

Digitized by Google

11. Mit Hülfe dieser Tafel läfst sich nun nachweisen, welche Farbenringe sich zeigen müssen, wenn *alle* Farbenstrahlen zugleich auffallen, oder wenn (wie in No. 2.) die auf einander gelegten Objectivgläser dem gewöhnlichen weissen Lichte ausgesetzt sind.

Wir wollen uns in der Figur, wo ED das convexe, Fig. EB das ebene Glas vorstellt, die Puncte auf EB oder eb 56. mit 1, 2, 3, bezeichnet denken, wo der Abstand der Gläser oder die Dicke der Luftschichten 1, 2, 3 Millionteil eines Zolls u. s. w. beträgt. Da nun bis dahin, wo dieser Abstand 1,998 beträgt, noch gar kein Licht (oder wenigstens unerheblich wenig) zurückgeworfen wird, so erstreckt sich bis dahin der *schwarze Fleck*. Für den Abstand = 2 bis 2,2 werden blofs Violett und Indigoblau reflectirt, aber da schon bei Abst. = 3, alle Strahlen zurückgeworfen werden, so kann sich nur ein ganz schmaler bläulicher Ring bei 2 zeigen, der sehr bald in Weifs, als Mischung aller Farben übergeht. Von Abst. = 3,2 bis = 6,0 werden, alle Arten von Farben, wenn gleich in etwas ungleichem Mafse, zurückgeworfen, (bei Abst. = 6 würde zum Beispiel das Violett nur noch sehr schwach, das Roth in seinem höchsten Glanze seyn, und sofern kein ganz reines Weifs mehr entstehen), und es mufs sich also bis Abstand = 6,0 ein fast völlig weifser Ring zeigen; aber für Abstand = 8,0 werden nur noch gelbe, orange und rothe Strahlen zurückgeworfen, also ist hier der Ort des orangefarbnen Ringes, der bis Abstand = 9,0 in völliges Roth übergeht, welches sich bei Abst. = 9,5 endiget. Hier sollte nun ein sehr schmaler schwarzer Ring folgen, da für Abst. = 9,6; 9,7 und bis 10,0 gar kein Licht zurückgeworfen wird, aber wegen seiner höchst geringen Breite ist dieser schwarze Ring kaum merklich. Hiermit endiget die erste Farbenfolge. Für Abst. = 10 oder 11 werden blofs violette und blaue Strahlen zurückgeworfen und diesen Abständen entspricht also ein blauer Ring; für Abst. = 12, = 13, = 14, mischen sich Violett, Blau, Grün, Gelb, und es mufs also ein Uebergang zum Grün sich dem Auge darstellen, und

Digitized by Google

dieses mufs bei Abstand = 15, immer klarer hervortreten, ohne doch ganz rein zu werden, weil bei keinem dieser Abstände die Mischung der zurückgeworfenen Strahlen ein ganz reines Grün giebt. Bei Abstand = 19, = 20, sind es vorzüglich nur noch die gelben und rothen Strahlen, die zurückgeworfen werden, und obgleich sich vom dritten violetten Ringe schon etwas einmischt, so wird doch hier Orange und Röth sich als vorwaltend zeigen. Bei dem Abstande = 21, = 22 mischt sich das Roth der zweiten Farbenreihe mit dem Violett der dritten Farbenreihe, und es zeigt sich daher hier ein Purpurroth. In dem Abstande = 25 sind es keine andre Farben, als das Grün und Gelb der dritten Folge, die zurückgeworfen werden, so dafs sich hier ein am äufseren Rande gelbliches Grün zeigen mufs. Bei dem Abstande = 30, mufs zwar Roth die vorwaltende Farbe seyn, aber da sich darin ein wenig Gelb des dritten und Blau des vierten Ringes mischt, so kann das Roth nicht ganz rein seyn. In dem Abstande = 35 sind es fast allein die grünen Strahlen des vierten Ringes, die zurückgeworfen werden, und dieses Grün der vierten Farbenfolge ist daher sehr lebhaft, da eine geringe Beimischung von Gelb der vierten und Violett der fünften Ordnung es nicht erheblich trüben kann. Bei Abst. = 41, = 42, = 43 dagegen ist allerdings das Roth der vierten Ordnung vorwaltend, aber mit allen Abstufungen des Blau der fünften Ordnung gemischt, und daher nicht so rein, als das Grün. Bei Abst. = 50 ist Gelb der fünften und Blau der sechsten Ordnung gemischt, also Grün die Farbe des Ringes; bei 55 ist Roth der fünften und Grün der sechsten Ordnung gemischt, also eine schmutzig aussehende Farbe hervorgebracht, die überdies schon etwas Blau der siebenten Ordnung enthält; bei Abstand = 60 mischen sich etwas Roth der fünften, Gelb der sechsten und Blau der siebenten Ordnung, und die Farben werden nun immer verwaschener.

Wenn man diese aus der Tafel heraus gelesenen Bestimmungen mit denen vergleicht, welche Newton (vergl. No. 2.) als Resultat seiner Beobachtungen angiebt, so findet man eine Uebereinstimmung, die so genau ist, als man irgend erwar-

Digitized by Google

ten durfte [1]. Ueber die vom durchgelassenen Lichte gebildeten Kreise läfst sich nun ebenso eine Vergleichung anstellen, und es sind hierdurch alle Erscheinungen so eine aus der anderen erklärt, dafs man nur den physischen Grund der einfacheren aufzufinden braucht, um dann auch die zusammengesetzteren völlig erklären zu können.

Theorie der Anwandlungen.

12. Einen solchen physischen Grund giebt, genau genommen, die Theorie der Anwandlungen nicht, sondern sie ist nichts weiter als eine Darstellung der allgemeinen Gesetze, die wir in den Erscheinungen gefunden haben. Sie sagt blofs: jedes Lichttheilchen oder der Lichtstrahl mufs eine gewisse Modification erleiden, vermöge welcher er jene Erscheinungen hervorbringt, und diese Modification ist es, die durch den Namen *Anwandlungen* angedeutet wird. Die Beobachtungen führen zu folgenden allgemeinen Sätzen:

13. Wenn ein Lichtstrahl durch eine brechende Fläche durchgeht, so erlangt er eine, in immer gleichen Zwischenräumen wieder eintretende, vorübergehende Disposition, vermöge welcher er durch eine neue brechende Fläche, die er antrifft, leichter durchgelassen wird, wenn er diese Fläche während der Anwandlungen dieser Disposition erreicht, und leichter zurückgeworfen wird, wenn er in den Zwischenräumen dieser Anwandlungen auf sie trifft. Die Beobachtung zeigt nämlich, dafs zum Beispiel der Strahl, welcher im prismatischen Sonnenbilde an der Grenze des Grün und Gelb liegt, zurückgeworfen wird, wenn die Dicke der Luftschicht (zufolge der in der Tafel No. 10 dargestellten Beobachtungen) zwischen 2,6 und 7,9 Milliontel Zoll ist, oder am vollkommensten zurückgeworfen wird, wenn die Dicke der Luftschicht 5,25 Milliontel ist. Dieses ist also die halbe Länge einer Anwandlung, oder der Raum, den das Theilchen von

---

1 Biot hat diese Vergleichung viel strenger durchgeführt, aber hier mag diese oberflächliche Betrachtung genügen. S. p. 65 bis 76. Newton hat blofs die Resultate einer solchen, gleichfalls streuggeführten Vergleichung angegeben. Lib. 2. Part. 2.

Digitized by Google

der ersten brechenden Fläche an durchlaufen mufs, um den Zustand der leichtesten Zurückwerfung zu erreichen. Hat es den doppelten Raum oder die ganze Länge einer Anwandlung durchlaufen = 10,5, so befindet es sich in dem Zustande, wo es am leichtesten von der neuen Fläche durchgelassen wird, oder diese Dicke der Luftschicht entspricht der Mitte des dunkeln Ringes, wenn von Ringen durch Zurückwerfung die Rede ist. Hat es den dreifachen Raum = 15,7 durchlaufen, so ist es abermals im Zustande der vollkommensten Reflexibilität, oder diesem Abstande entspricht (vergl. die Tafel) der zweite helle Ring. Und nun läfst sich leicht übersehen, dafs die vollständigste Zurückwerfung immer eintritt, wenn der Abstand der zweiten brechenden Fläche entweder der einfachen, oder dreifachen, oder fünffachen, oder siebenfachen Länge, die wir die halbe Länge einer Anwandlung genannt haben, gleich ist, dafs dagegen der Lichtstrahl fast vollkommen durchgelassen wird, wenn jener Abstand gleich dem 2fachen, 4fachen, 6fachen jener Länge, oder 1, 2, 3 ganzen Längen der Anwandlung ist, und dafs in Abständen, die zwischen jene fallen, eine allmählige Annäherung zum einen oder zum andern, eine theilweise Zurückwerfung und theilweise Durchlassung beobachtet wird.

Eben das gilt für irgend einen andern Farbenstrahl, nur mit dem Unterschiede, dafs für jeden die Länge der Anwandlung eine andre ist, so wie es die Tafel No. 10 zeigt. Auch gilt das Nämliche für andere Medien als die Luft, nur mit dem Unterschiede, dafs für *denselben Farbenstrahl die Länge der Anwandlung eine andre ist;* und diese Länge ist proportional derjenigen Zahl, die das Brechungsverhältnifs ausdrückt; war sie nämlich = i für Luftschichten, so ist sie = $\frac{m}{n}$ i für ein anderes Medium, wenn sich beim Uebergange des Lichtstrahls aus Luft in dieses Medium der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels wie n zu m verhält.

14. Wenn Lichtstrahlen derselben Art, aus einem bestimmten Medio in ein andres bestimmtes Medium übergehend,

Digitized by Google

nach der Brechung unter verschiedenen Winkeln in dieses eintreten, so wird die Länge der Anwandlungen grösser, und zwar so, dafs man diese Länge durch $= i.\ \mathrm{Sec.}\, r.\ \mathrm{Sec.}\, u$ ausdrücken kann, wenn i die Länge der Anwandlungen für senkrechte Strahlen, r den Brechungswinkel und u einen Hülfswinkel bedeutet, für welchen $\mathrm{Sin.}\, u = \left(\frac{105 + \frac{m}{n}}{106}\right) \mathrm{Sin.}\, r$ ist, wo nämlich $\frac{m}{n}$ das Verhältnifs des Sinus ist für den Einfallswinkel im ersten Medio zu dem Sinus des Brechungswinkels im zweiten Medio. Diese Erfahrungsregel ist aus den Versuchen No. 5. abgeleitet.

15. Eine Schwierigkeit scheint bei dieser Erklärung übrig zu bleiben. Werden nämlich die Lichttheilchen beim Eintritt in die dünne Luftschicht, (die ich als Beispiel statt aller andern Fälle erwähne) in einen solchen Zustand versetzt, dafs sie in der Entfernung $= i$, wenn sie dort eine brechende Fläche antreffen, zurückgeworfen werden, so müfsten sie, scheint es, *alle* zurückgeworfen werden; nun aber ist diese Zurückwerfung nie so vollständig, sondern einige Lichtstrahlen werden dennoch durchgelassen; es sollte also billig ein Grund hiefür angegeben werden. Newton hat hiefür keine Erklärung gesucht, Biot aber behandelt diese Frage umständlich[1]. Seine Meinung, dafs nicht alle Lichttheilchen beim Eintritt durch die erste brechende Fläche sich in dem Anfange einer Anwandlung befänden, scheint mir indefs nicht recht passend, indem die Wirkung (wie es mir scheint,) ganz wegfiele, wenn es Lichttheilchen gäbe, die dort in allen möglichen Abstufungen von dem Zustande, den wir den Anfang einer Anwandlung genannt haben, entfernt wären. Aber schon die nicht im allerstrengsten Sinne mathematisch genaue Form der Oberflächen müfste wohl einige Verschiedenheit in der Reflexion hervorbringen, da, sobald man die Körper als porös betrachtet, wohl immer neben den Puncten, die 4 Milliontel Zoll Abstand haben, andre liegen mögen, die nur 3 Milliontel Abstand

1 Traité IV. 94.

haben, wenn sie gleich mit jenen auf demselben Kreise liegen, wo der Abstand = 4 Milliontel seyn sollte.

Einwürfe gegen die Hypothese der Anwandlungen.

15. Es ist wohl nicht zu leugnen, dafs die unaufhörlich wechselnden Dispositionen, vermöge welcher der Strahl bald leichter zurückgeworfen, bald leichter durchgelassen werden soll, als eine schwer begreifliche Hypothese erscheinen und zu manchen Zweifeln Veranlassung geben mufsten. Diese Zweifel konnten indefs hauptsächlich nur die Frage betreffen, ob Newton die Beobachtungen genau und vollständig genug angestellt habe, ob die Dicke der Schicht wirklich die wesentliche und einzige Bedingung jener bald durch Zurückwerfung, bald durch Durchlassung sichtbar werdenden Ringe sey; denn wenn die Beobachtungen vollständig sind und bei ihnen kein Umstand übersehen ist, so finden wenigstens solche wechselnde Zurückwerfungen und Durchlassungen statt, und wenn jemand Mittel findet, diese aus andern schon bekannten Eigenschaften des Lichtes zu erklären, so widerlegt er eigentlich nicht Newtons Ansicht, sondern geht nur weiter als dieser, indem er einen physischen Grund für das angiebt, was Newton nur als eine nicht weiter erklärliche Eigenschaft bezeichnet.

Wirklich ist es nun auch die Frage, ob bei jenen Versuchen nichts übersehen sey, mit welchen sich die spätern Optiker vorzüglich beschäftigt haben. Die Versuche von Mazeas[1] stimmen in den wesentlichsten Puncten mit denen des Newton überein; aber er glaubte darin einen Einwurf gegen Newton zu finden, dafs bei ebenen, stark an einander gedrückten Gläsern die Farben beim Erhitzen verschwanden, statt dafs dies bei convexen Gläsern nicht geschah. Der Grund dieser Verschiedenheit läfst sich, da jene ebenen Gläser offenbar unregelmäfsig waren und sich an einzelnen Stellen inniger berührten, als an andern Stellen, zwar nicht strenge angeben, aber die Beobachtung selbst scheint mehr

1 Die Priestley in d. Geschichte d. Optik (6te Periode 5ter Abschn.) erzählt.

Digitized by Google

gegen des Mazeas eigne Meinung, als bringe eine besondre Materie, die durch die Wärme fortgetrieben werde, diese Farben hervor, zu sprechen; denn diese hätte ja bei den convexen Gläsern auch entweichen müssen. Du Tours Einwurf, die Luftschicht sey es eigentlich nicht, worauf es ankomme, hat weit mehr Grund, weil nämlich die Ringe auch im luftleeren Raume erscheinen; aber mit vollem Rechte bemerkt Biot hiergegen, dafs nach Newtons Regel die Kreise, welche vermöge einer Luftschicht entstehen, auf eine gar nicht merkliche Weise von denen, die bei luftleerem Raume entstehen, verschieden seyn können, da $\frac{m}{n}$ für den Uebergang aus dem Vacuo in die Luft sehr wenig verschieden ist.

16. Wichtiger als alle Versuche dieser beiden Physiker sind unstreitig die von W. Herschel angestellten[1]. Er hat sehr sorgfältig den gröfsten Theil der Newtonschen Versuche wiederholt, und sie richtig gefunden; er hat eine sehr schöne Reihe neuer Versuche hinzugefügt, wo zugleich mit den vermöge der Reflexion entstehenden Ringen, eine zweite Reihe von Ringen und selbst eine dritte, vermöge der durchgelassenen Strahlen sichtbar wird; und endlich hat er sorgfältig bestimmt, welche Oberflächen es denn eigentlich sind, von denen die regelmäfsige Entstehung der Ringe abhängt. Diese letztere Untersuchung zeigte, dafs nur die beiden einander berührenden oder einander sehr nahe gebrachten Oberflächen es sind, auf die es ankömmt; aber hier glaubte Herschel zwei Einwürfe gegen Newtons Meinung, dafs die Dicke der Luftschichten die Ringe bestimme, zu finden. Der erste Einwurf[2] ist von geringem Gewichte, nämlich, dafs die durch Zurückwerfung hervorgebrachten Ringe auch entstehen, wenn das Objectiv auf einem ebenen Metallspiegel liegt, wo keine Durchlassung der Strahlen statt findet; Herschel bemerkt selbst, dafs man hier annehmen könnte, die Strahlen, welche sonst als durchgehende sichtbar wer-

1 Philos. Transact. for 1807. p. 180. for 1809. p. 259. for 1810. p. 149.

2 Ph. Tr. 1807. p. 226.

Digitized by Google

den, würden hier absorbirt. Wichtiger ist der zweite Einwurf, dafs zwei unter sehr kleinem Winkel gegen einander geneigte Ebnen keine solche Modification hervorbringen. Legte man ein Glas, dessen eine Seite cylindrisch geschliffen war, auf ein ebenes Glas, so dafs die cylindrische Fläche von der Ebne berührt wurde, so zeigten sich farbige, gerade Streifen, ganz analog den Ringen; aber wenn man zwei ebene Gläser anwandte, und diese unter einem höchst kleinen Winkel gegen einander geneigt, an der einen Seite in Berührung brachte, so zeigte sich keine Farbe[1]. Dieser Versuch würde sehr wichtig seyn, wenn er völlig unbezweifelt richtig wäre; aber Herschel erregt selbst einen Zweifel, indem er erzählt, er habe einmal zwei ebene Glasstückchen an der einen Seite in Berührung gebracht, an der andern durch ein zwischengelegtes, ungemein dünnes Platinstückchen getrennt, und hier nahe am Berührungspuncte farbige Streifen gesehen, die aber verschwanden, als er den Drath, der sie zusammenhielt, wegnahm. Hier scheint es nun sehr zweifelhaft, ob Herschel recht hat, eine durch die feste Vereinigung hervorgebrachte Krümmung anzunehmen, oder ob man nicht vielmehr sagen mufs, nach Wegnahme des Drathes habe die genaue Berührung aufgehört, und nur deshalb habe die Erscheinung farbiger Streifen aufgehört, die ohnehin bei ebenen Gläsern auf einen sehr schmalen Raum beschränkt ist. Ja man darf hier wohl mit Grund an der Richtigkeit der Herschelschen Meinung zweifeln, da Knox[2] bei ebenen Platten, deren genaue Berührung am einen Rande er mit grofser Sorgfalt zu Stande gebracht hatte, Farbenstreifen sah, die jenem Rande parallel, in eben der Ordnung wie die Newtonschen Ringe auf einander folgten, und zwar so, dafs dieselbe Farbe in Abständen, die sich wie 1, 3, 5, 7 verhielten, von dem in Berührung gebrachten Rande, wiederkam, so wie es, dem Princip der Anwandlungen gemäfs, seyn mufste.

1 Ph. Tr. 1809. p. 263.

2 Philos. Transact. for the Y. 1815. p. 171.

Digitized by Google

17. Diese Einwürfe haben ohnehin (zumal da Herschels mit schönen Versuchen andrer Art unterstützte, aber auf die Farbenringe schwerlich ganz passende Erklärung[1] nicht viel Eingang gefunden hat,) sehr an Gewicht verloren, seit man mit einer anderen Reihe von Erscheinungen bekannt geworden ist, bei welchen ganz entschieden eine ungleiche Disposition der Lichtstrahlen, vermöge welcher sie in gewissen Fällen zurückgeworfen, in andern durchgelassen werden, statt findet. Diese Erscheinungen, von denen in den Artikeln *Brechung, doppelte,* — und *Polarisirung des Lichts,* — die Rede seyn wird, würden hier zu viele Einmischung andrer Gegenstände fordern, daher ich dorthin verweise. Auch in dem Art. *Farben* wird unter den Titel, *epoptische Farben* noch mehr hierher Gehöriges vorkommen. *B.*

Anziehung.

Attraction; *Attractio;* Attraction; *Attraction or attractive Power.* Hiermit bezeichnet man theils die grofse Menge derjenigen Erscheinungen, wonach sowohl die Materie im Allgemeinen, als auch die verschiedenen Körper im Besondern das Bestreben äufsern, sich einander zu nähern, Verbindungen einzugehen, und in denselben zu verharren; theils aber auch, und vorzüglich, die der Materie eigenthümliche Ursache, die genannten Erscheinungen zu zeigen, also die *Anziehungskraft.* Nimmt man die Sache in gröfster Allgemeinheit, so folgt aus der Erfahrung, dafs nicht blofs alle sogenannte wägbare Materie eine Anziehung ihrer einzelnen Theile, sowohl der gleichartigen unter einander, als auch der ungleichartigen gegen einander zeige, sondern dafs auch die sogenannten Imponderabilien ein gewisses Bestreben nach einer Verbindung mit wägbaren Körpern wahrnehmen lassen. Unter die *Phänomene der ersteren Art* gehört zuerst überhaupt das Bestreben aller flüssigen Körper, die Kugelgestalt anzunehmen, wenn sie der Kraft der Anziehung frei folgen können. In dieser Form erscheinen daher die *Regentropfen* und einzelne Tropfen

1 Die ich im Art. *Farbenringe* erklären werde.

Wasser auf Staube, namentlich auf Flächen, welche mit Hexenmehl (semen lycopodii) bestreuet sind; kleine Quantitäten Quecksilber auf Holz oder Glase; die *Schrotkörner* beim Schrotgiefsen, und auch die Gestalt der Himmelskörper leitete schon Copernicus mit Recht hieraus ab[1]. *Luftblasen*, wenn sie im Wasser in die Höhe steigen, oder sich an feste Körper unter Wasser ansetzen, oder auch in feine Hüllen als Blasen, und vereinigt als Schaum erscheinen, zeigen das Bestreben nach dieser Form und bestätigen das allgemeine Gesetz[2]. Dann lassen sich aber im Besonderen alle diejenigen Phänomene hierunter begreifen, welche in Gemäfsheit der bei ihnen in Betracht kommenden eigenthümlichen Modificationen des allgemeinen Gesetzes der Anziehung unter den Artikeln: *Adhäsion*, *Capillaratttraction*, *Absorption*, *Cohäsion*, *Gravitation*, *Schwere* und chemische *Affinität* oder *Verwandtschaft* abgehandelt werden, sämmtlich aber auf dem allgemeinen Bestreben aller wägbaren Stoffe nach gegenseitiger Verbindung, oder auf der Attraction beruhen. Unter die *Phänomene der zweiten Art*, wonach auch die sogenannten unwägbaren Stoffe von den wägbaren angezogen, oder mindestens von ihnen festgehalten werden, kann man rechnen, dafs die *Wärme*, wenn sie den Körpern in gröfserer Intensität mitgetheilt ist, diese nur nach bestimmten Gesetzen in mefsbaren Zeiten verläfst, und dabei meistens erweislich von andern Körpern aufgenommen wird; dafs die *Elektricität* um die leitenden isolirten und die nichtleitenden Körper eine Atmosphäre von einem schwer bestimmbaren Radius bildet; dafs anscheinend eine ähnliche Atmosphäre sowohl die natürlichen als auch die künstlichen Magnete und den Leitungsdraht eines Volta'schen Elektromotors umgiebt, und dafs selbst das eingesogene Licht in den sogenannten *Lichtmagneten* längere Zeit zurückbleibt, bis es durch Wärme

1 Lehrbuch der Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung fester und flüssiger Körper von H. W. Brandes 1817. 2 vol. 8. I. 244.

2 Kleine Beyträge zur Mathematik und Physik von F. G. Bufse. Leipz. 1785. I. 147.

Digitized by Google

dem Anschein nach ausgetrieben wird[1], derjenigen Anziehungskraft aller durchsichtigen Körper gegen das Licht nicht zu gedenken, wodurch die Brechung desselben nach der Ansicht der meisten Physiker hervorgebracht wird.

Indem somit die Erscheinungen der Attraction ganz allgemein sind, diejenige eigenthümliche Modification derselben aber, welche wir *Gravitation* nennen, unserm ganzen Sonnensysteme erweislich, vielleicht auch dem ganzen endlosen Weltsysteme zugeschrieben werden mufs; so ist es eine Frage von höchster Wichtigkeit, welches denn die *eigentliche Ursache* aller dieser Erscheinungen sey. Diese schwierige Frage läfst sich auf verschiedene Weise lösen; einmal wenn man annimmt, dafs diese Attraction oder allgemeine Anziehung der Materie, als solcher, wesentlich und nothwendig zukomme, und dafs die letztere ohne die erstere überhaupt nicht seyn, nicht existiren könne, wie zuerst Kant[2] mit Bestimmtheit behauptet hat, indem er die *Ziehkraft* eine durch den leeren Raum ins Unendliche wirkende, durchdringende, in ihrem Wesen nicht weiter zu ergründende, folglich eine Grundkraft nennt, wodurch die Existenz der Materie bedingt wird; oder aber wenn man diese Anziehung zwar nicht im Wesen der Materie an sich nothwendig gegründet, jedoch aller uns bekannten Materie als besonders hinzukommende Kraft eigen, mithin zwar an dieselbe gebunden, aber für sich vorstellbar ansieht; oder endlich, wenn man über den ersten Ursprung und das eigentliche Wesen der Attraction gar nicht entscheidet, sondern blofs die Erscheinungen, welche aus ihr folgen, unter allgemeine Gesetze ordnet, wie Newton gethan hat.

Sobald diese eben so wichtigen als schwierigen Fragen zur näheren Untersuchung kommen, mufs zugleich noch eine andere mit eingeschlossen werden, nämlich ob alle die genannten verschiedenen Erscheinungen der Anziehung

1 Pallas in Mém. de Petersb. 1783. Grotthufs bei Schweigg. XIV und XV. Seherer Nord. Beitr. I. 13. Vergl. Helvig bei G. LL. 112. John bei G. LV. 453 u. a. m.

2 Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft u. s. w. Eine nähere Prüfung dieser Theorie befindet sich im Artikel: *Materie*.

Digitized by Google

sämmtlich auf *eine einzige* Kraft zurückgeführt werden können, oder ob zur consequenten Erklärung derselben mehrere verschiedene oder nur verschieden modificirte Kräfte anzunehmen sind. Ungeachtet der zahlreichsten und angestrengtesten Bemühungen der Physiker und Philosophen ist dennoch weder die eine noch die andere dieser Fragen bis jetzt genügend beantwortet.

Der Gegenstand selbst hat schon frühe die Philosophen des Alterthums beschäftigt, und es finden sich daher in ihren Schriften verschiedene Stellen, welche zeigen, dafs ihnen der Begriff von einer Anziehung der Materie, namentlich sogar von einer Gravitation der Himmelskörper, nicht ganz fremd war[1]. Unter den Neueren nannte Nicolaus Copernicus[2] das Bestreben der Körper, die Kugelgestalt anzunehmen, Schwere, und schrieb dieses von der Gottheit der Materie gegebene Bestreben auch den Himmelskörpern zu. Dr. Gilbert[3] redet gleichfalls von einer allgemeinen Attraction, unterscheidet sie aber nicht bestimmt von der magnetischen. Mehr geschieht Letzteres, und wird die Anziehung als allgemeine Naturkraft aufgestellt durch Baco von Verulam[4] selbst mit Ausdehnung auf die Bewegungen der Himmelskörper. Cartesius nahm einen Aether als die Ursache der meisten genannten Erscheinungen an, und fand hierin eine grofse Menge Nachfolger. Auch Newton hegte anfangs diese Meinung, theils weil im Allgemeinen die Feinheit und Expansibilität der Luft auf die Vermuthung von der Anwesenheit noch feinerer Stoffe führen mufste, theils weil seine mangelhafte Kenntnifs der Verdunstung und der elektrischen Erscheinungen die Annahme ätherischer Stoffe gleichsam nothwendig machte. Vom Drucke eines solchen Aethers, also nicht eigentlich von den wirbelnden Bewegungen desselben nach Cartesius und Huygens[5], leitete also auch

1 Dav. Gregorii Astron. phys. et geom. Elementa. Oxon. 1702. fol. Genev. 1726. 2 vol. 4. Praef.

2 De revolutionibus orb. coel. L. cap. 9.

3 De Magnete magneticisque corporibus. Lond. 1600. 4.

4 Nov. Organ. Lib. II. cap. 36. De Dignit. et Augm. Scient. L. III. cap. IV.

5 S. *Schwere.*

Digitized by Google

Newton die Erscheinungen der Schwere anfangs ab[1]. Am bestimmtesten erklärte er sich in einem Briefe an Bon. Boyle[2] über einen solchen allgemein verbreiteten höchst feinen Aether, welcher in allen Körpern vorhanden, in ihren Poren aber am dünnsten seyn sollte. Durch diesen wurde dann die Brechung des Lichtes bewirkt (vermuthlich indem sein Widerstand dasselbe nöthigte, durch eine Beugung in die Zwischenräume der Körper einzudringen), desgleichen die Cohäsion, Adhäsion, Filtration und selbst die chemische Auflösung, indem er die auflösenden Substanzen in die Poren trieb. Wenn aber schon bei geringen Massen der Aether in den Zwischenräumen dünner war, nach Aufsen aber an Dichtigkeit zunahm, und demgemäfs die genäherten Körper durch das Ausweichen zwischen ihnen und den hierdurch vermehrten Druck zur Cohäsion trieb; so mufste dieses noch vielmehr bei der Erde der Fall seyn, und hierin also der Grund des Herabgedrücktwerdens aller Körper nach dem Mittelpuncte derselben liegen.

Newton äufserte indefs schon am Schlusse dieses im Jahre 1678 geschriebenen Briefes sein Mifsfallen an solchen Hypothesen, welche auch mit seinem Bestreben nach einfacher geometrischer Construction unzweifelhafter Erfahrungen im Widerspruche standen. Obgleich auch die Erscheinungen der Schwere und verschiedene andere Phänomene aus dem Drucke eines solchen Aethers erklärt werden konnten, so war dieses doch keineswegs der Fall bei den Bewegungen der Himmelskörper, indem diese vielmehr durch den zwischen ihnen verdichteten Aether stets mehr hätten auseinander getrieben werden müssen. Wir finden daher von Newton nur noch in seiner Optik einige Aeufserungen über die mögliche oder wahrscheinliche Existenz eines solchen Aethers. Sobald derselbe aber nach wiederholten Rechnungen in der Gravitation der Himmelskörper das einfache Gesetz der Schwere aufgefunden hatte, entfernte er sich ganz von jenen Vorstellungen, nahm eine Anziehung der

1 Birch History of the Royal Society of London. 1756. IV. Vol. 4. III. 247.

2 Newtoni opp. omn. ed. Horsley. V. Vol. 4. 1779. IV. 385. Bibl. univ. XXI. 79 und 259.

Digitized by Google

Materie als aus der Erfahrung abstrahirt an, welche allgemein der Masse direct und den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional wirke, mit Rücksicht auf mögliche Wirkungen in anderen, namentlich höheren Verhältnissen des Abstandes. Diese Ansicht ist vollständig durchgeführt in seinen Principiis philos. nat., indem er zwar schon 1666 anfing, sich mit dem Gravitationsgesetze zu beschäftigen[1], erst 1676 aber diesen Gegenstand ernstlich wieder vornahm, 1683 die Keplerschen Gesetze nach dieser Theorie erklärte, und dieses 1684 durch Halley der Kön. Societät mittheilte, worauf er seine Principien schrieb[2].

Vor Newton kam indefs niemand der Idee einer allgemeinen Anziehung so nahe als Hooke[3]. Dieser stellte zur Erklärung der Bewegung der Himmelskörper drei Sätze auf. 1. Dafs diese nicht blofs eine wechselseitige Anziehung gegen ihre Mittelpuncte besitzen, sondern sich auch innerhalb der Sphäre ihrer Thätigkeit wechselseitig anziehen. 2. Dafs alle bewegte Körper in geradliniger Bewegung verharren, wenn nicht eine stets wirkende Kraft sie nöthigt, einen Kreis, eine Ellipse oder eine andere Curve zu beschreiben. 3. Dafs die Anziehung so viel stärker ist, je näher die Körper einander kommen.

Der unsterbliche Newton war indefs der erste, welcher das allgemeine Gesetz der *Anziehung* in seiner ganzen Ausdehnung aufstellte und consequent durchführte[4], mit der

---

1 Pemberton View of Sir Is. Newtons Philos. 1725. 4.

2 Newtoni vita. In opuscul. I. XXIII.

3 An Attempt to prove the Motion of the Earth, by Dr. Hooke 1674. 4. In: Philosophical Tracts and Collections. Lond. 1679. 4. Vergl. Philosophical and Mathematical Dictionary cet. by C. Hutton. In two Vol. Lond. 1815. gr. 4. I. 186.

4 Das berümte Werk: Philosophiae naturalis principia mathematica wurde zuerst 1687 zu London auf Befehl der Kön. Soc. der Wiss. gedruckt. Nachher erschien dasselbe wieder durch Roger Cotes. Cantab. 1713. 4. durch Henr. Pemberton. Lond. 1726. 4. Spätere Ausgaben sind Amst. 1733. 4. Lond. 1746. 4. Am vollständigsten ist: Phil. nat. P. m. perpetuis commentariis illustrata studio PP. Thomae le Seur et Franc. Jacquier. Genevae 1739. III. Tom. 4. und noch vermehrter 1760. IV. Tom. 4. Weitläuftige Commentarien enthält: Phil. nat. p. m. auct. Is. Newtono illustrata commentationibus potissimum Joannis Tessanec. lib. primus.

Digitized by Google

näheren Bestimmung, dafs dieselbe den Massen direct, den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional sey, wobei er zugleich auch darauf aufmerksam machte, dafs zur Erklärung mancher Erscheinungen wohl ein in höheren Potenzen der Entfernung umgekehrt wachsendes Verhältnifs der Anziehung anzunehmen sey[1]. Hiermit sollen indefs blofs die Phänomene bezeichnet und auf ein allgemeines Gesetz zurückgebracht, keineswegs aber soll die physische Ursache derselben erklärt werden, wie er selbst[2] und sein Schüler s'Gravesande[3] ausdrücklich erinnert. Nicht minder bestimmt äufserte sich Newton auch darüber, dafs er die Attraction keineswegs als eine, der Materie wesentlich zukommende Eigenschaft aufgestellt habe[4], und unter seinen Schülern hing namentlich Maclaurin[5] so fest an dieser Ansicht, dafs er diejenigen für unbekannt mit Newton's Meinung erklärte, welche die Attraction als eine wesentliche Eigenschaft der Materie ansehen wollten, obgleich auch Cotes[6] für diese Ansicht entschied, und hierin mit Newton übereinzustimmen glaubte.

Um bei den vielen über diesen Gegenstand gepflogenen Untersuchungen und so manchen wiedersprechenden, zuweilen nur unbestimmten, Behauptungen die Uebersicht des Ganzen nicht zu verlieren, darf man nur berücksichtigen, dafs es sich dabei hauptsächlich um die zwei schon erwähnten Fragen handelt, nämlich zuerst, ob der Materie im Allgemeinen eine Anziehungskraft eigen ist, aus welcher min-

---

Pragae 1780. 4. Libri II. P. 1. ib. 1783. Vergl. Pauli Frisii, Barnabitae, de gravitate universali corporum libri tres, Mediolani 1768. 4. Montucla Hist. des Math. II. 600. ff.

1 Princ. I. sect. XII und XIII. weiter entwickelt in den Anmerk. von Le Seur und Jacquier.

2 Ebendas. defin. L. I. defin. VIII. sect. XI. princ.

3 Physices Elementa math. Leidae 1748. II. Vol. 4. I. cap. 5. p 17. Attractionem vocamus vim quamcumque, qua duo corpora ad se invicem tendunt. . . hoc nomine Phaenomenon, non causam designamus.

4 Princ. III. Reg. 3. Attamen gravitatem corporibus essentialem esse minime affirmo. Vergl. Opt. quaest. 21. 22.

5 An Account of Sir I. Newton's phil. discoveries. By Maclaurin. Lond. 1748. L. 1. cap. 1.

6 Praef. ad Newt. Princ.

Digitized by Google

destens die Erscheinungen der Schwere und der Gravitation unmittelbar folgen, und dann ob die gesammten Phänomene der Anziehung sich auf eine oder mehrere Kräfte reduciren lassen.

Berücksichtigen wir zuvörderst die erste Frage für sich, so entschied Newton durch die Aufstellung seines Gravitationsgesetzes bestimmt bejahend für dieselbe, und ihm folgten hierin eine Menge Anhänger. Einige fanden indefs den Ausdruck Attraction unpassend, weil man sich darunter etwas materiell Ziehendes und ein Zwischenmittel denken müsse, und Musschenbroek[1] schlug daher *accessus mutuus, affinitas, amicitia* vor. Solche Kräfte, als *Sympathie, Freundschaft, Gefühl* u. dgl. zur Erklärung der verschiedenen Anziehungen hatten schon früher Kepler[2], Roberval[3] u. a. vorgeschlagen; allein eben hierdurch wurde Cartesius bewogen, die Attraction als eine *qualitas occulta* gänzlich aus der Naturlehre zu verbannen, und statt dessen einen Aether als allgemeine wirkende Ursache einzuführen. Hierin hatte er viele und berühmte Vertheidiger, unter denen Huygens[4], Bernoulli[5] und Bülfinger[6] vorzüglich genannt zu werden verdienen. Der Streit unter den Anhängern dieser entgegengesetzten Meinungen hing mit der Frage über die Gestalt der Erde zusammen, und wurde endlich durch die berühmten Gradmessungen für Newton entschieden[7].

Inzwischen hatte Newton nicht blofs die Gravitation und Schwere als ihrem Wesen nach identisch und beide als Wir-

---

1 Introductio ad Philos. Naturalem. Auct. Pet. van Musschenbroek. L. B. 1762. II. vol. 4. I. c. 20. p. 348.

2 Epitome Astron. Copern. Lentiis ad Danub. 1618. 4.

3 Arist. Samii de mundi systemate lib. sing. Par. 1644. 4.

4 Diss. de causa gravitatis in Opp. rel. I. 93.

5 Nouvelles Pensées sur le sytème de Decartes. in Opp. Lausanne et Genève 1742. 4. III. 138 und 299.

6 De causa gravitatis physica generali disquisitio experimentalis cet. Par. 1728. 4. In Recueil des Pièces de Prix. vol. II. Bülfingeri Varia. 128.

7 S. *Erde. Schwere.* Vergl. Hambergeri et auct. J. P. Süfsmilch diss. de cohaesione et attractione corporum Jen. 1732. 4. Succincta attractionis historia cum epicrisi. Auct. S. Ch. Hollmann; in Comm. soc. Reg. sc. Gott. IV. 216. Joh. Henr. van Swinden diss. de attractione. L. B. 1766. 4.

Digitized by Google

kung der Anziehung dargestellt, sondern er schrieb auch der Materie im Allgemeinen diese Kraft zu, welche Meinung späterhin gleichfalls durch unzweideutige Versuche vollkommen bestätigt ist. Namentlich behauptete er[1], dafs ein Berg, drei englische Meilen hoch und sechs Meilen breit, ein an seinem Fufse hängendes Loth um 1′ 18″ von der Verticale abziehen müsse. Bouguer und Condamine untersuchten daher bei der Peruanischen Gradmessung, wie stark das Loth ihres Quadranten durch die Gebirgsmasse des Chimboraço von der lothrechten Linie abgezogen würde. Weil ihnen aber die Localität nicht verstattete, auf beiden Seiten des Berges die Declination eines Sternes zu messen und mit dem zwischenliegenden terrestrischen Bogen zu vergleichen, wobei der halbe Fehler den Winkel der Anziehung auf jeder Seite gegeben haben würde; so beobachteten sie nach Condamine's Vorschlage blofs an der Südseite vier südliche und sechs nördliche Sterne, wobei die Abweichung des Lothes einen entgegengesetzten Fehler hervorbringen mufste, mit einem Quadranten von 2,5 F. und fanden hieraus als mittleres Resultat eine durch den Berg bewirkte Ablenkung des Lothes von 7″,5[2]. Diese Astronomen hatten indefs mit zu vielen örtlichen Schwierigkeiten zu kämpfen, und waren für solche Beobachtungen nicht mit hinlänglich feinen Werkzeugen versehen, als dafs sie ihr erhaltenes Resultat für unzweifelhaft und in einer damals so wichtigen Streitsache für entscheidend hätten ansehen sollen[3].

Um so mehr fand sich Nevil Maskelyne bewogen, der Kön. Societät in London einen Plan vorzulegen, ähnliche Messungen bei einem Berge Namens *Wernside*, an der Grenze zwischen Yorkshire und Lancashire anzustellen, welche auch wirklich eine Ablenkung des Lothes zwischen 30″ bis 40″ gaben[4]. Man fand aber bald, dafs die Gegend

1 A Treatise of the system of the World by Sir Is. Newton, Lond. 1728. in Opusc. II. 21.

2 La figure de terre determinée par les obs. des M. M. Bouguer et de la Condamine. Par. 1749. 4. sect. VII. p. 375.

3 De la Condamine Journal historique du Voyage fait par Ordre du Roi a l'Equateur. Par. 1751. p. 69.

4 Phil. Trans. LXV. 1775. P. II. p. 500.

Digitized by Google

hierzu nicht genügend geeignet sey, und es wurde daher der Berg *Shehallien* (gälisch Thichallin) in Pertshire an der schottischen Grenze vorgeschlagen. Maskelyne führte mit Hutton den Vorschlag in den Jahren 1774 bis 1776 aus, und stellte auf der Südseite des Berges 169, auf der Nordseite 168 Beobachtungen an 43 Sternen an, von denen 40 mit einander verglichen den Unterschied der Breite 54″,6 gaben. Indem nun dieser durch geodätische Messungen nur 42″,94 gefunden wurde, so kamen auf die Anziehung des Berges 11″,66, welche Gröfse als der doppelte Winkel der Ablenkung 5″,83 als die Kraft der Anziehung eines Berges von 500ᵗ Höhe giebt[1].

Neuerdings hat der Baron von Zach ähnliche Messungen an dem hinter Marseille liegenden Berge *Mimet*, von 300ᵗ Höhe angestellt, und eine Ablenkung des Lothes durch denselben von 1″,98 gefunden[2]; auch hat derselbe die gesammten Maskelyne'schen 337 Beobachtungen aufs Neue berechnet, und findet danach den himmlischen Bogen = 54″,651, den irdischen 43″,019, welches eine Differenz von 11″,632 und somit eine Anziehung von 5″,816 für die Masse des Shehallien giebt[3].

Indem es sich hier um ein wichtiges physikalisches Problem handelt, so wird noch folgende Erörterung nicht überflüssig scheinen. Die Art, wie Hutton die erhaltenen Resultate berechnet, finden sich im Artikel: *Erde*. Indefs kann man allgemein auf folgende Weise rechnen. Wird das Bleiloth durch irgend eine Masse von der verticalen Fig. 57. Linie abgelenkt, und ist der Winkel der Ablenkung = α; so ist der Sin. vers. α derjenige Theil, um welchen die anziehende Kraft der Masse der Schwere entgegenwirkt. Es

1 Phil. Trans. LXV. p. 534. LXVIII. Phil. Tr. Abridged. XIII. 702. Tracts on mathematical and philosophical subjects. by C. Hutton. III Vol. Lond. 1812. II. 1 ff.

2 L'Attraction des Montagnes et ses effects sur les fils à Plomb ou sur les niveaux des Instruments d'astronomie, constatés et déterminés par des observations astronomiques et géodésiques, faites en 1810 a l'ermitage de notre-dame des anges, sur le mont de Mimet et au fanal de l'Isle de Planier près de Marseille. cet. par le Baron de Zach Avignon 1814. 2 vol. 8. I. 353.

3 Ebend. II. 690.

Digitized by Google

verhält sich also die Anziehung derselben zur Schwere $=$ Sin. v. α : Tang. α. $=1 -$ Cos. α : Tang. α. Nennt man die ablenkende Kraft k die Schwere p; so hat man

$k : p =$ Sin. v. α : Tang. α also $k = \frac{p.\ \text{Sin. v. } \alpha}{\text{Tang. } \alpha}$ und die Schwere als Einheit genommen $k = \frac{\text{Sin. v. } \alpha}{\text{Tang. } \alpha}$. Indem aber für so kleine Bögen die Tangente vom Sinus unmerklich verschieden und $\frac{1 - \text{Cos. } \alpha}{\text{Sin. } \alpha} =$ Tang. $\frac{1}{2}\alpha$ ist; so hat man nahe genau $k =$ Tang. $\frac{1}{2}\alpha$. Eben so hat man, wenn der Ablenkungsbogen $=a$, die Länge des Lothes $=l$ genannt wird, $k : p = a : 2l$. Heifst ferner die ablenkende Masse $=m$; die Masse der Erde $=M$; der Abstand der ersteren $=r$; der Radius der letzteren $=R$; so hat man $k : P = \frac{m}{r^2} : \frac{M}{R^2}$ also auch $\frac{m}{r^2} : \frac{M}{R^2} = a : 2l$; oder wenn die Masse und der Halbmesser der Erde als Einheit angenommen werden; $\frac{m}{r^2} = \frac{a}{2l} =$ Tang. $\frac{1}{2}\alpha$; oder $m = r^2$ Tang. $\frac{1}{2}\alpha$[1]. Endlich geben Hutton's Rechnungen noch das Resultat, dafs der Punct der stärksten horizontalen Anziehung eines Berges, wenn er steil ist, sich in 0,252 und wenn er flach ist, in 0,290 seiner Höhe von der Basis an befindet[2].

Aufser diesen, durch grofse Massen bewirkten Anziehungen hat man die Attraction auch an kleinen theils wirklich beobachtet, theils wahrzunehmen geglaubt. Unter die merkwürdigsten Versuche dieser Art gehören diejenigen, welche John Michel vorbereitete, und nach seinem Tode Henry Cavendish anstellte. Letzterer hing an einer empfindlichen Drehwaage[3], welche aus einem 6 F. langen Arme an einem 40 F. langen dünnen Drahte bestand, Bleikugeln von zwei Z. Durchmesser auf, näherte diesen in einem gegen den Einflufs des Luftzuges gesicherten Kasten eine grofse

1 Vergl. G. G. Schmidt Handbuch der Nat. L. I. 75. Ausführlichere Rechnungen von Playfair finden sich in Phil. Trans. 1811. II.

2 Tracts. II. 76. Phil. Tr. LXX. 1 ff.

3 S. *Drehwaage*.

Bleimasse von 8 Z. Durchmesser, und fand durch Beobachtung und Rechnung, dafs beide Massen einander anzögen mit einer Kraft, welche dem funfzigmillionsten Theile des Gewichtes der Kugeln gleich kam[1]. Dafs hierbei ganz bestimmt eine Anziehung dieser kleinen Massen, völlig derjenigen gleich, welche durch die Erde im Grofsen ausgeübt wird, wahrgenommen wurde, und hierauf also der Schlufs von der Allgemeinheit dieser Kraftäufserung der Materie gebauet werden kann, leidet bei der Genauigkeit der vielen übereinstimmenden Versuche keinen Zweifel.

Manche Astronomen wollen einen durch gegenseitige Anziehung erzeugten störenden Einflufs der Gewichte astronomischer Uhren auf die Bewegung der Pendel wahrgenommen haben[2], allein andere haben diese Erscheinung nicht beobachtet, und andere widersprechen ihr[3], vielleicht weil die Wirkung zu klein ist, um wahrgenommen zu werden.

Allgemein bekannt sind die, auch von Musschenbroek[4] erwähnten Versuche eines Geistlichen Berthier, welcher Streifen von Papier, Leder, Holz, Pergament, Eisen u. s. w. an Menschenhaaren in einem gläsernen Cylinder zum Abhalten des Luftzuges aufhing, und dann fand, dafs sie durch einen von Aufsen genäherten beliebigen Körper angezogen wurden[5]. Mehrere Physiker, z. B. Bouguer, le Roy, Büache a. a. waren Zeugen dieser Erscheinungen, an deren Richtigkeit sich wohl nicht zweifeln läfst. Bei der Unmöglichkeit aber, sie auf die bekannten Gesetze der Anziehung zurückzuführen, dürfte es nicht schwer seyn, sie aus elektrischen Anziehungen, in einigen Fällen ganz entschieden aus den Strömungen ungleich warmer Luftschichten[6], oder aus sonstigen Ursachen zu erklären[7]. Anscheinend entscheidende Versuche über die Anziehung kleiner Massen hat

1 Phil. Trans. 1798. II. 469 - 526 übers. mit Anm. in G. II. 1 - 62.

2 G. II. 65. Astronomie von J. G. F. Bohnenberger. Tüb. 1811. 497 v. Zach Attract. des Mont. I. 3.

3 Gauss in Gött. gel. Anz. 1818. p. 1267.

4 Introd. I. 350.

5 Hist. de l'Ac. 1751.

6 Gilb. Ann. VI. 465.

7 Vergl. Achard phys. chem. Schriften. I. p. 197.

Digitized by Google

Hermbstädt angestellt[1]. Er hing nämlich eine Achatplatte mit genau horizontaler Fläche an einer sehr empfindlichen Waage auf, näherte derselben von unten ein Gefäfs mit Quecksilber, und wollte hierbei beobachtet haben, dafs die Platte in der Entfernung von einer Linie durch dasselbe angezogen wurde und festhing. Derselbe behauptet auch, dafs zwei Quecksilberkügelchen auf einer Glasplatte, wenn sie mit einem Glasstäbchen einander vorsichtig genähert werden, in einem Abstande von einigen Scrupeln durch gegenseitige Attraction eine sphäroidische Gestalt annehmen, und in einander fliefsen, wobei die kleineren stets in die gröfseren übergehen sollen. Mit Recht bemerkt hiergegen Parrot[2], dafs empfindliche Waagen zu leicht oscilliren, um mit denselben genaue Versuche dieser Art anzustellen; dafs ferner die Adhäsion der Quecksilberkügelchen am Glase ihr eigenes Gewicht überwindet, und sie deswegen, wenn sie klein sind, nach dem Umkehren der Scheibe gar nicht herabfallen. Parrot konnte daher die genannte Erscheinung nicht blofs selbst nicht wahrnehmen, sondern zieht auch das ganze Resultat der Versuche in Zweifel, weil die Gravitation der Kügelchen gegeneinander unendlich klein sey im Verhältnifs zu ihrer Adhäsion, welche Ansicht andere Gelehrte mit ihm theilen[3]. Einen ähnlichen Versuch erwähnt Kastner[4]. Man soll nach ihm zwei spitze Körper (Glasstäbchen) in eine Flüssigkeit tauchen, dann herausziehen, und die Flüssigkeit so lange ablaufen lassen, bis an jedem Stabe ein Tropfen derselben hängt. Nähert man letztere vorsichtig bis auf einen Abstand von 0,25 Lin., so sollen sie eine sphäroidische Gestalt annehmen, und durch gegenseitige Anziehung in einander fliefsen. Abstrahirt man von dem Einflusse einer die Tropfen umgebenden Dampfatmosphäre, so läfst sich berechnen, dafs die Kraft der Attraction zu schwach ist, um

1 G. II. 63.

2 Grundrifs d. theor. Phys. I. 57.

3 G. VI. 462. J. T. Mayer in Comm. Soc. Gott. XVI. 34. Der Versuch mit den Platten an einer sehr empfindlichen Waage, ist aufserdem wegen der Verdunstung des Quecksilbers und des Anhängens des Dampfes an andern Körpern unzulässig.

4 Grundrifs d. Exper. Phys. I. 378.

Digitized by Google

den angegebenen Effect hervorzubringen, indem die Bildung der Tropfen, und ihr Anhängen am Stabe eine Folge der Adhäsion, diese aber in ihrer Aeufserung stärker ist, als die Schwere, diese aber wiederum gegen die Gravitation so grofs, das letztere unmefsbar wird. Setzen wir nämlich, um die anziehende Kraft jedes Tropfens nach dem Newtonschen Gesetze zu finden, den Halbmesser derselben hoch gerechnet $= 1$ Lin. $= r$; den Halbmesser der Erde $= 3271691^t = R$; den Abstand des Mittelpunctes jedes Tropfens von dem ihm zunächst befindlichen Theile der Oberfläche des andern Tropfens $= 1$ Lin. $+$ einer verschwindenden Gröfse, $= d$, mithin so nahe wie möglich, ohne jedoch Berührung zuzulassen, den Abstand des Centrums der Erde vom Mittelpuncte des Tropfens $= (R + \Delta R) = D$, wobei ΔR als verschwindend vernachlässigt werden kann, die Schwere eines Tropfens $= p = 1$; so ist, ohne Rücksicht auf die geringere Dichtigkeit der Tropfen als die der Erde, ihre Anziehungskraft $= k = p \frac{r^3}{d^2} \times \frac{D^2}{R^3}$; also für die angegebenen Werthe $= 0{,}00000000035$, oder noch nicht einmal ein halbes Tausendmilliöntheilchen ihres Gewichtes, wodurch also ihre Adhäsion und die Anziehung ihrer Theile in der Berührung unmöglich überwunden werden kann.

Indem die Gradmessung in Peru, zugleich aber die beobachtete Ablenkung des Lothes durch die Gebirgsmasse des Chimboraço bestimmt für Newton's Theorie entschieden, wurden die Gelehrten durch einige mit den kleinsten Nebenumständen erzählte Versuche aufmerksam gemacht, welche absichtlich ersonnen waren, um dieselbe umzustofsen. Es wollte nämlich ein gewisser Coultaud [1] zu Samoins in Faucigny in den Sommern 1767 und 68 zwei genaue Pendeluhren, deren eine 1085^t höher als die andere aufgestellt war, beobachtet, und bei der höheren binnen zwei Monaten ein Voreilen von $27'\ 20''$ gefunden haben. Die Erzählung der Versuche war so glaubhaft ersonnen, dafs das Publicum die Wahrheit der Sache nicht bezweifelte, um so mehr, als ein

1 Nach einem Briefe im Journ. des beaux arts et des Sciences, welches der Abbé Aubert herausgab.

gewisser Mercier aus Sitten im Walliserlande die nämlichen Versuche in den Jahren 1770 und 71 mit gleichem Erfolge wiederholt haben wollte. Wirklich gründete sogar der P. Berthier sein System der Physik auf diese neue Thatsache, d'Alembert aber zeigte, dafs sie doch nichts gegen die Gravitation beweise, gesetzt auch dafs sie wahr sey, woran er nach der Art der Erzählung nicht zweifeln zu können glaubte. Unterdefs gelang es dem Le Sage[1] und A. de Lüc[2] nach genauester Erkundigung den Betrug des Ganzen zu entdecken, indem weder der eine noch der andere an den von ihnen angegebenen Orten, und überall nirgend aufzufinden war[3].

Es läfst sich sonach nicht bezweifeln, dafs Gravitation und Schwere als Folgen einer, aller ponderabelen Materie eigenthümlichen, Anziehung anzusehen sind, ohne dafs jedoch damit zugleich entschieden ist, ob diese im Wesen der Materie nothwendig gegründet und von derselben durchaus unzertrennlich sey. Hauptsächlich kommt hierbei die Frage in Betrachtung, ob die sogenannten Imponderabilien wirklich unwägbar und zugleich materielle Stoffe sind, oder allgemeiner, ob es etwas Materielles giebt und geben kann, was nicht zugleich von der Schwere afficirt wird. Wenn es unmöglich ist, hierüber mit Gewifsheit zu entscheiden, so wird es auf allen Fall erlaubt seyn, die Phänomene, wie die Beobachtungen sie darbieten, unter ein allgemeines Gesetz zu ordnen, ohne das eigentliche Wesen der Attraction erklären zu wollen, um so mehr, als schon an sich die Ursache einer Wirkung in die Ferne, ohne Zwischenmittel

---

1 J. de Ph. I. 250.

2 Physikalische u. moral. Briefe über die Geschichte der Erde und Menschen cet. von J. A. de Lüc. a. d. Fr. Leipz. 1781. II vol. 8. I. Br. 45. p. 304.

3 Noch neuerdings sind gegen das Newtonsche Attractionsgesetz ungegründete Zweifel erhoben durch L. Delobel in: De la cause de l'Attraction, de la Repulsion et du Mouvement cet. Bruxelles 1823. 8; welche indefs blofs aus gänzlicher Unkunde der Sache herrühren. S. Francoeur in Bullet. Gener. 1824. N. 7. p. 42.

Digitized by Google

aufser den Grenzen unserer deutlichen Vorstellung zu liegen scheint [1].

Weit weniger ist von jeher über die zweite Frage gestritten, nämlich ob alle Erscheinungen, bei welchen sich eine Anziehung wirksam zeigt, auf eine und dieselbe, nach gleichen Gesetzen wirkende Attractionskraft zurückgeführt werden können, oder ob man mehrere Kräfte oder mehrseitige Modificationen einer einzigen anzunehmen habe. Obgleich diese nicht minder schwierig ist, als jene, so übersah man sie doch anfangs, so lange der Streit über die Annahme eines Aethers oder einer Attractionskraft überhaupt noch nicht entschieden war, und aufserdem hatte man den vielfachen Erscheinungen der Adhäsion und chemischen Verwandtschaft noch bei weitem nicht hinlängliche Aufmerksamkeit gewidmet. Vorzugsweise berücksichtigte man stets die *Cohäsion*. Dafs diese Eigenschaft der Körper auf einer Anziehung ihrer Theile beruhe, war auffallend, und man mufste sie daher auf die Gesetze der Attraction zurückführen, nachdem die Hypothese von einem drückenden Aether als unzulässig erkannt war. Indefs setzen die Körper der trennenden Gewalt einen ungleichen Widerstand entgegen, anstatt dafs die Schwere bei allen gleich ist, die Stärke des Zusammenhanges ist bei den meisten gröfser als ihr Gewicht, und sind die Theile einmal getrennt, so zeigen sie in den meisten Fällen ein so geringes Bestreben nach Wiedervereinigung und Zusammenhang, dafs es schwer hält, die Erscheinungen der Cohäsion auf das allgemeine Gesetz der Attraction zurückzuführen. Newton fühlte dieses, und deutet daher an, dafs die Cohäsion anderen Gesetzen folge, und vielleicht auf eine in höheren verkehrten Verhältnissen der Entfernung, als dem quadratischen, wirksame Attraction zurückgeführt werden könne [2]. Mehreren seiner Schüler, wahrscheinlich aus Achtung gegen die wichtige Entdeckung ihres grofsen Lehrers, scheinen dagegen geneigt, alle Er-

1 De Lüc Briefe über die Geschichte d. Erde. I. XI. p. 57. Vergl. Maupertuis sur les differentes figures des astres; in Oeuv. Lyon 1768. 8. I. p. 96.

2 Princ. I. sect. XIII. prop. 85—87. Optice quaest. praef. Vergl. *Cohäsion*.

Digitized by Google

scheinungen der Anziehung auf das eine gemeinsame Newtonsche Gesetz zurückzuführen, wenigstens ist dieses der Fall bei Cotes [1], Keil [2] und Friend [3], indem sie sich auf einige dieser Deutung fähige Aeufserungen Newtons [4] bezogen. Andere dagegen, namentlich Maupertuis [5] in einer weitläuftigen Untersuchung über diesen Gegenstand wollten mindestens die Cohäsion auf eine nach höheren Potenzen des Abstandes wirkende Anziehung zurückbringen. Ein vorzügliches Ansehen unter den Physikern erlangte späterhin Musschenbroek. Dieser stellt eine Menge Erscheinungen zusammen, bei denen sich Anziehung zeigt, widerlegt die früher zu ihrer Erklärung ersonnenen Hypothesen, namentlich der Scholastiker von absolut leichter und absolut schwerer Materie nach Aristoteles, des Cartesius und Huygens von ätherischen Wirbeln, des Heinrich Regius vom Drucke der Luft, Keplers von ausströmenden ätherischen Flüssigkeiten, Gassendi's von einer wechselseitigen Anziehung der Atome und des Paulus Casatus vom Beharrungsbestreben der Körper an ihrem Orte oder von der absoluten Ruhe, getrauet sich aber nicht, nur einmal die eigentliche Ursache der Schwere anzugeben, sondern zeigt sich geneigt, auch diese auf eine *insita vis divina* zurückzuführen [6]. Leonhard Euler [7] endlich wollte die Attraction als eine allgemeine, der Materie nothwendig zukommende Eigenschaft nicht gelten lassen.

Späterhin wurden nur wenige, diese Frage bestimmt betreffende und umfassende Untersuchungen angestellt, mehr dagegen die Sache nur beiläufig und ohne völlige Entscheidung erwähnt. In dieser Hinsicht kann der Systeme des

1 Praef. ad Newt. Princ. ed. Cantabr. 1713. 4.

2 Introductio ad veram physicam. Oxon, 1700. 8. Phil. Trans. XXVI. 57.

3 Praelectiones chymicae. Oxon. 1704. 4.

4 Optice qu. XXXI. ed. Clarke p. 304.

5 Mém. de l'Acad. 1732. p. 343. ff.

6 Epitome Elementorum phys. mathem. conscripta in usus acad. L. B. 1726. 8. p. 48. Institutiones physicae conscr. in usus ac. L. B. 1748. 8. p. 106.

7 Lettres à une Princ. d'Allemagne let. 68. ff.

Digitized by Google

P. Boscovich [1], welcher eine Menge Phänomene, namentlich Schwere, Cohäsion, Elasticität und mehrere andere, auf eine neue Art zu erklären versuchte, der Theorieen über die Ursache der Schwere von Le Sage u. a. nur im Allgemeinen gedacht werden [2]. Unter den Anhängern Newtons dagegen rücksichtlich der Annahme einer aller Materie eigenthümlichen Attraction als Ursache der Schwere und Gravitation hält Hamberger [3] die Cohäsion, Adhäsion und chemische Verwandtschaft nicht für Wirkungen der Attraction, sondern gewisser unbekannter Kräfte; worin ihm Fortunatus de Felice [4] rücksichtlich der Cohäsion widerspricht. Auch Segner [5] scheint nur eine und dieselbe Kraft als Ursache aller Erscheinungen der Anziehung anzunehmen, worin ihm andere mit gröfserer Bestimmtheit beipflichten [6]. Für einen wesentlichen Unterschied der verschiedenen Anziehungen entscheiden ferner Hauch [7] und Klügel [8]. E. G. Fischer [9] dagegen hält die Gleichheit der bei beiden Arten von Erscheinungen wirksamen Kräfte nur für unerwiesen, betrachtet sie indefs vorläufig als verschieden. Brisson [10], und mehrere französische Physiker nach ihm blieben der ursprünglichen Newtonschen Ansicht getreu, indem sie eine im quadratischen Verhältnisse der Entfernung abnehmende Anziehung als Ursache der Schwere, und eine in höheren Verhältnissen abnehmende als Ursache der Cohäsion annahmen.

---

1 Philosophiae naturalis Theoria redact. ad unicam legem virium in natura existentium cet. Viennae 1759. 4. p. 210.

2 S. *Materie*, wo Boscovich's Theorie ausführlicher erwähnt wird.

3 G. H. Hambergeri elem. physices cet. Jen. 1741. 8. praef. p. 57 u. 81. ff. Dissert. de Cohaesione. Jen. 1732.

4 Disput. de Newtoniana attract. unica cohaerentiae nat. causa advers. clar. Hambergerum. 1757. 4.

5 Einleitung in die Naturlehre. 2te Aufl. Gött. 1754. p. 205. ff.

6 Sopra la Identità dell' attrazione molecolare colla astronomica. Opera del Cav. Leopoldo de Nobili di Reggio. Modena 1818. Kürzer in Brugnat. Giorn. S. 259.

7 Anfangsgr. d. Nat. übers. von Tode. Kop. 1795. I. 31.

8 Encyclopädie cet. Berl. 1806. II. 253.

9 Lehrb. d. mech. Naturl. Berlin 1819. I, 79.

10 Traité élémentaire ou Principes de la physique. Par. 1789. III. vol. 8. I. 165.

Digitized by Google

Sehr entscheidend ausgedrückt sind die Bestimmungen Parrot's [1], welcher *Anziehung in der Entfernung* als Ursache der Gravitation, *Anziehung in der Berührung* oder *Flächenanziehung* als Ursache der Cohäsion und Adhäsion, *Affinität* endlich als Ursache der Mischungen und chemischen Verbindungen unterscheidet.

Man darf diese letzteren Ansichten als insbesondere durch eine genauere Feststellung der allgemeinen chemischen Principien begründet und allmälig von fast allen Physikern angenommen betrachten, indem nicht immer genau angegeben wird, ob alle unter die genannten Arten der Anziehung gehörigen Erscheinungen als Wirkungen einer einzigen, nur verschieden modificirten, oder an sich verschiedener Anziehungen zu halten sind. Die meisten neigen sich indefs dahin, eine allgemein wirksame, aber verschieden modificirte Anziehung anzunehmen, z. B. unter den ältern Büffon [2], Prevost [3], Bergmann [4], Grossier [5], Le Sage [6], Morveau [7], Boscovich [8], Erxleben [9]; später aber insbesondere und am gründlichsten J. T. Mayer [10], welcher bestimmt hinzusetzt, die unmefsbar kleinen Attractionssphären der Körperelemente, ihrer eigenen Gröfse proportional, möchten wohl ihrer Kleinheit wegen eine Prüfung des Gesetzes der Abnahme im Verhältnifs des Quadrates der Entfernung nicht zulassen [11]. Ausführlich ist diese Frage ferner behandelt durch Libes [12]. In Gemäfsheit einfacher mathematischer Demonstrationen folgert dieser 1. dafs das

1 Grundrifs d. theor. Phys. Leipz. 1809. I. 31. ff. 108. ff.
2 Hist. Nat. des Quadrup. IV. 32.
3 Vom Ursprunge d. magnet. Kräfte. a. d. Fr. von Bourguet. Halle. 1794.
4 Kleine physisch-chem. Werke. III. 361.
5 Gren N. J. IV. 83.
6 Essay de Chim. mec. im Anf.
7 Grundsätze d. chem. Affin. herausgeg. von Hermbstaedt, Berl. 1794.
8 Phil. Nat. Theoria. Viennae 1794.
9 Anfangsgr. d. Naturl. Absch. VI. §. 180.
10 Anfangsgr. d. Naturl. §, 58. ff.
11 Com. Soc. Gott. XVI. 33.
12 J. d. Ph. LIV. 391. 443.

Digitized by Google

Newtonsche Gesetz der Anziehung in den (unendlich kleinen) Molecülen der Körper eine unendlich gröfsere Kraftäufserung in der Berührung hervorbringen mufs, als in jeder mefsbaren Entfernung, und dafs es daher überflüssig ist, zu einem anderen Verhältnisse der Entfernung, etwa dem cubischen zur Erklärung der gesammten Erscheinungen der Anziehung seine Zuflucht zu nehmen; 2. dafs die Wirkung der molecülären Anziehung [1] unabhängig ist von der Masse des Körpers, nicht in das Innere des angezogenen eindringt, sobald der Radius beider über die Sphäre ihrer Wirksamkeit hinausgeht; 3. dafs das Gesetz der molecülären Anziehung unabhängig von der Form der Körper ist. Eine Aenderung der Figur eines Körpers mufs das Centrum der Anziehung verändern, hierdurch die Entfernung, und wird sonach die Erscheinungen abändern, obgleich das Gesetz unveränderlich ist.

Aehnliche Ansichten, in der Hauptsache nämlich, wonach alle Erscheinungen der Anziehung auf das allgemeine Newtonsche Gesetz zurückgeführt werden können, hegen ferner G. G. Schmidt [2], welcher noch bestimmter hinzufügt, dafs manche Erscheinungen vielleicht erklärlich werden, wenn man den kleinsten Theilchen der Körper gewisse Formen, und den verschiedenen Flächen derselben eine ungleiche Anziehung beilegt, welche sich namentlich in dem krystallinischen Gefüge der Körper offenbart; desgleichen Hildebrandt [3], Erman [4], Kastner [5], Biot [6], Neumann [7],—vorzüglich J. B. Emmet [8] u. a. Die Anhänger der oben erwähnten Kantischen Dynamik gehen selten ge-

---

1 Nach dem Titel der Abhandlung versteht Libes unter attraction moleculaire zunächst die affinité chimique.

2 Handbuch d. Nat. I. §. 18. u. 50. b.

3 Anfangsgründe der dynam. Naturl. Erlang. 1807. I. 77. u. 101.

4 G. XXXII. 262.

5 Grundrifs d. Experimentalphysik. Heidelb. 1820. I. §. 32. §. 71. 5. §. 89. ff.

6 Traité I. 5. u. 248.

7 Lehrbuch der Physik. Wien. 1818. 2 vol. 8. I. §. 180. u. 445.

8 Ann. of Phil. XVI. 180 ff. N. S. I. 80. III. 425.

Digitized by Google

nauer und tiefer in die Erörterung dieser Aufgabe ein, und begnügen sich meistens mit allgemeinen Ausdrücken. Um consequent zu seyn, können sie nicht umhin, alle Phänomene der Anziehung als unmittelbare Aeufserungen der *einen* Grundkraft, nämlich der *Ziehkraft* anzusehen. Indefs schliefst dennoch Hildebrandt [1] die chemische Anziehung als eine besondere Modification von der allgemeinen Attraction aus.

Die ganze Untersuchung erhielt ein neues Interesse, als Berthollet seine Theorie von der *chemischen Masse* aufstellte. Dieser Gelehrte behauptete nämlich, und unterstützte seine Behauptung durch triftige Gründe, die chemischen Wirkungen ständen im zusammengesetzten Verhältnisse der Massen und des Grades der Verwandtschaft, wonach also die chemischen Anziehungen eben wie die in gröfsere Fernen wirkenden der Gröfse der Massen proportional wären [2]. La Place, indem er dieser Ansicht beitrat, und in derselben mit Freuden eine Aufforderung erkannte, alle Erscheinungen der Anziehung auf die einfache Newtonsche Attraction zurückzuführen, äufserte, dafs zwischen den sich berührenden Bestandtheilen fester Körper keine absolute Continuität anzunehmen sey, und man daher ihre Cohäsion, Elasticität, Härte und selbst die chemische Verwandtschaft allerdings als Wirkung einer den Massen directe und den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportionalen Anziehung ansehen könne, wenn man die Durchmesser der Elemente gegen ihre Abstände als verschwindend ansähe. Dafs sich nach dieser Hypothese die Cohäsion und um so mehr auch die Adhäsion auf das allgemeine Newtonsche Gesetz zurückführen lasse, haben J. T. Mayer, G. G. Schmidt, J. B. Emmet u. a. durch den Calcül zu beweisen versucht, J. F. Fries aber hat es später als unmöglich angegeben [3].

Weit mehr Aufmerksamkeit, als bisher derselben geschenkt ist, verdient insbesondere eine von J. T. Mayer [4]

---

1 a. a. O. Vorr. XV.

2 Mém. de l'Inst. III. 1 ff. 207 ff. Vergl. *Verwandtschaft.*

3 S. *Cohäsion.*

4 De affinitate chemica corp. coel. in Comm. Soc. Gott. XVI. 51.

Digitized by Google

unlängst aufgestellte Hypothese, dafs die Himmelskörper leicht aus ungleich anziehenden, oder eine chemische, in der Berührung durch Wahlverwandtschaft kenntliche Anziehung ausüben, so dafs dann die Summe dieser verschiedenen Attractionen bei der Gröfse der Himmelskörper die Erscheinungen der Gravitation erzeuge. Hierdurch wäre allerdings der Unterschied zwischen chemischer Anziehung und der Newtonschen Attraction aufgehoben, und da wir die Bestandtheile der Himmelskörper und deren specifische Anziehung nicht kennen, mithin die Voraussetzung, dafs sie aus gleichartiger Masse bestehen, durchaus nicht begründet ist; so kann auch die Erfahrung, wonach die Anziehung der Massen proportional seyn soll, nicht zum Gegenbeweise dienen. Ueberdas aber bemerkt schon Mayer, dafs die Untersuchung der Perturbationen dieses Gesetz sehr zweifelhaft mache [1], noch mehr aber die unmerkliche Störung, welche die Kometen verursachen, obgleich man diese aus ihrer geringen Masse zu erklären suche, ohne dafs jedoch hierfür ein anderer genügender Beweis existire. Ganz vorzüglich scheint indefs die Berechnung des Enke'schen Kometen fast nothwendig zu fordern, dafs die Planeten gegen die verschiedenen Himmelskörper eine verschiedene Anziehung ausüben, weil ihre Massen mehrfach abgeändert werden müssen, wenn man die Beobachtungen der Störungen verschiedener Planeten auf das nämliche Gesetz zurückführen will [2]. Ob es möglich sey, hiermit die späteren Ansichten La Place's [3] in Einklang zu bringen, wonach die molecüläre chemische und capillare Anziehungen mindestens in ihren Aeufserungen verschieden seyn sollen, in-

1 p. 40: .... illa lex, ex perturbationibus planetarum mutuis non directe sequitur.

2 Enke in astronom. Jahrb. 1826. p. 128. Schumacher Astron. Nachrichten 1823. I. N. 8.

3 Ann. de Chim. et Ph. XII. 8. Schon früher findet sich die nämliche Ansicht desselben in J. de Ph. LXIII. 474. G. XXXIII. 153. Immer aber bleibt es bei dieser Erforschung des allgemeinen Naturgesetzes dunkel, wodurch die, in der chemischen Affinität mit ganzer Stärke wirkende Anziehungskraft in der Capillarattraction mit geringerer Intensität wirkt, wenn anders in beiden Fällen unmittelbare oder nahe unmittelbare Berührung der Körperelemente statt findet.

Digitized by Google

dem jene in ihrer ganzen Stärke, aber mit der Entfernung stark abnehmend, dieso dagegen weit schwächer, und von der Krümmung der Oberflächen in den haarröhrenartigen Räumen abhängig wirken soll, darüber ist bei der Schwierigkeit des ganzen Problems nicht leicht zu entscheiden. Sehr bestimmt, und dabei höchst sinnreich, zugleich auch in das eigentliche Wesen der Erscheinungen eingehend ist die Vermuthung eben dieses grofsen Geometers [1], dafs die nämliche Kraft der allgemeinen Anziehung, bedingt, durch die Gestalt der Körperelemente und der Einfluss der Wärme, als Ursache der Cohäsion, der Festigkeit, Flüssigkeit und Expansion anzusehen sey.

Eine Erwähnung und Berücksichtigung verdient auf allen Fall eine allerdings scharfsinnige Prüfung der oben erwähnten Hypothese La Place's durch G. Belli [2], welche im Allgemeinen darauf hinausläuft, dafs die Voraussetzung so kleiner Körperelemente, mit Anziehungskräften versehen, zu hypothetisch sey, die gehörige Würdigung der vielfachen Erscheinungen vielmehr auf einen Unterschied der Gravitations-Anziehung und der moleculären führe. Letztere soll dann, nach Newton's beiläufiger Aeufserung, in einem weit höheren Verhältnisse, als dem quadratischen des Abstandes abnehmen, und daher blofs in der Berührung eine bedeutende Wirkung zeigen, in mefsbarer Entfernung aber verschwinden, und keine Störung der Gravitationsbewegungen hervorbringen. Diese ist dann die Ursache der *Cohäsion* (Adhäsion und Capillarattraction), der *Brechung des Lichtes* und der *chemischen Verwandtschaft*, und wirkt im umgekehrten höheren als fünffachen Verhältnisse des Abstandes. Weit weniger wissenschaftlich begründet, und überhaupt das eigentliche Wesen der Sache nicht bestimmt treffend ist endlich die Ansicht Carradori's [3], wenn er darzuthun sucht, dafs es eine besondere Flächenanziehung gäbe, welche aber von der Adhäsion und deren

1 G. a. a. O. 134.
2 Brugnatelli Giorn. V. 110.
3 Brugnatelli Giorn. III. 373.

Digitized by Google

Wirkung, der Capillarattraction verschieden, also als eine für sich bestehende Kraft anzusehen sey.

Suchen wir nach allem diesen den Standpunct der Wissenschaft für den gegenwärtigen Augenblick in Beziehung auf den vorliegenden Gegenstand festzustellen, so läfst sich Folgendes als ausgemacht annehmen:

1. Dafs Anziehungs-Aeufserungen im Allgemeinen aller Materie zukommen, ohne dafs sich bis jetzt darüber entscheiden läfst, ob dieselben von einer wirklich für sich bestehenden oder nur als solche denkbaren und dem Begriffe nach unterscheidbaren Attractionskraft herrühren, oder in dem noch unbekannten eigentlichen Wesen der Materie gegründet sind.
2. Dafs die *Gravitation* und die mit ihr dem Wesen nach identische *Schwere* als einfache Wirkungen der Attraction nach dem von Newton aufgestellten Gesetze anzusehen sind.
3. Die Erscheinungen der *Cohäsion* und *Adhäsion* lassen sich auf allen Fall als Wirkungen einer Attraction betrachten, welche ihrem Wesen nach mit der allgemeinen Attraction in so fern identisch seyn mag, als mit einem hohen Grade der Wahrscheinlichkeit, wo nicht der Gewifsheit erwiesen ist, dafs die Durchmesser aller Körperelemente, wenn gleich ungleich grofs, doch verschwindend klein sind, zugleich aber nicht in unmittelbarer Berührung mit einander, sondern in meſsbarem Abstande von einander sich befinden, insofern sie durch Verminderung der Wärme näher kommen; so dafs also die Bedingungen der Hypothese von La Place und des Calcüls von Schmidt u. a. in dieser Hinsicht als zulässig erscheinen müssen. Weil jedoch aus einer allein und ohne Modification wirkenden Attraction nicht blofs eine unendliche, sondern auch eine bei allen Körpern gleichartige Dichtigkeit folgen würde, so mufs zur consequenten Erklärung der Phänomene nicht blofs irgend eine Ursache angenommen werden, wodurch die Attraction limitirt wird [1], sondern auch in Gemäfsheit der ungleichen Cohäsion und

1 S. *Abstofsung.*

Adhäsion der Körper unter sich und gegen andere eine Verschiedenheit der Materie und ein ungleiches Verhältnifs derselben zur Attraction und ihrer Limitirung. Berücksichtigt man aber noch aufserdem die eigenthümliche, und nach bestimmten Gesetzen stets regelmäfsige Form, worin die krystallisirten Körper gebildet und zerspalten werden, so kann man hiernach und nach den Erscheinungen der Lichtpolarisation und doppelten Brechung nicht wohl umhin, eine eigenthümliche Form der Körperelemente und eine durch die Lage ihrer Axen, Pole und Flächen bedingte Anziehung sowohl überhaupt, als namentlich bei der Krystallbildung anzunehmen [1].

4. Hinsichtlich der chemischen Verbindungen ist zwar nicht zu leugnen, dafs auch diese auf eine gewisse Art der Anziehung zurückgeführt werden können. Ob aber diese mit der allgemeinen, der Masse directe, und dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional wirkenden Anziehung identisch sey, ist eine andere, schwerlich zu bejahende Frage. Die Unhaltbarkeit der Bertholletschen Theorie ist durch entscheidende Gründe dargethan. Wäre sie indefs auch richtig, so würde doch aus der eigenthümlichen Wahl der angezogenen Substanzen folgen, dafs die Attraction nicht auf gleiche Weise allen in Conflict kommenden materiellen Theilchen eigenthümlich sey. Wir müssen daher auch hierbei annehmen, dafs individuelle Anziehungsgesetze (Wahlverwandtschaft) das allgemeine Bestreben nach Verbindung modificiren, und wenn die chemische Masse hierbei die Stärke der Anziehung bedingte, so würde man doch wieder auf eine eigenthümliche Wirkungsart zurückkommen müssen, indem ohnehin jedes materielle Element der allgemeinen Anziehung durch die Erde unterworfen ist [2].

---

1 S. *Krystallisation.*

2 Ueber Davy's Hypothese, wonach die Anziehung der verschiedenen Körperelemente aus der bei ihrer Berührung entstehenden ungleichen Elektricität erklärt werden soll. Ann. de Chim. LXIII. 229 ff. und die Anhänger dieser Hypothese. S. *Elektrochemismus.*

Digitized by Google

5. Eine Wirkung in die Ferne (actio in distans) ohne zwischenliegendes Mittel, wie diese bei der Attraction als Ursache der Gravitation angenommen zu werden scheint [1], bleibt immer schwer vorstellbar [2]. Indefs berechtigt dieses keineswegs dazu, die Sache selbst deswegen zu verwerfen, indem uns ohnehin noch gar nicht bekannt ist, ob überhaupt, und was für ätherische Stoffe die sogenannten leeren Räume erfüllen mögen, von deren Daseyn oder Nichtexistenz wir vielleicht niemals Gewifsheit zu erlangen vermögen.

Aus allem diesen ergiebt sich, dafs die Thatsachen bei weitem noch nicht genügend ergründet sind, um über das eigentliche Wesen und das allgemeine Gesetz der Attraction und die besonderen Modificationen derselben mit völliger Gewifsheit zu entscheiden [3].

Um endlich das Schwankende und Unbestimmte, was bei den Bezeichnungen der verschiedenen, zur Attraction gehörenden, Erscheinungen der Gravitation, Schwere, Adhäsion u. s. w. obwaltet, durch einen bestimmten Sprachgebrauch zu beseitigen, wie derselbe wenigstens in diesem Werke angenommen ist, bezeichnet *Attraction* das Allgemeine; *Schwere* die Anziehung der Erde gegen ihre Bestandtheile und gegen Körper in geringer Entfernung von derselben, ihren Halbmesser als Einheit angenommen;

---

1 Kant Metaph. Anf. d. Naturw. Riga 1787. p. 53.

2 Ueber eine eigenthümliche Anziehung, wonach die aus dem Moschus durch die Einwirkung des Lichts ausgeschiedene Feuchtigkeit im Schatten auf eine Entfernung von 1 Zoll im torricellischen Vacuo wieder aufgesogen wurde. S. meine physikalische Abhandl. Giefsen 1816. p. 448.

3 Die zahlreichen Anwendungen des allgemeinen Attractionsgesetzes auf specielle Fälle und die geometrische Auflösung der dahin gehörigen Probleme, namentlich die Anziehung der Körper mit ebenen Flächen nach Playfair in Edinb. Phil. Tr. VI. 228. Knight in Phil. Tr. 1812. p. 247. Bessel in Mon. Cor. XXVII. 82; und Mollweide ebend. p. 263; desgl. die Anziehung der Sphäroide nach Euler in Com. Pet. X. 102; Lagrange in Journ. de l'École Polyt. cah. XV. 57; Legendre in Mém. de l'Inst. 1810. II. 155; Laplace in Mém. de l'Ac. 1782; Biot in Mém. de l'Inst. IV.; Plana in Mém. di mat. et di fis. della Soc. It. XV; Ivory in Phil. Tr. 1812. I; und insbesondere Gauss im Com. Rec. Gott. II. Mon. Cor. XXVIII. 37 und 125. können hier nicht erörtert werden.

Digitized by Google

Gravitation diejenige Anziehung, welche die im Himmelsraume schwebenden Körper gegen einander ausüben; *Cohäsion* den Zusammenhang fester, gleichartiger und ungleichartiger Körper, so lange sie noch ein ungetrenntes Ganzes bilden; *Adhäsion* die Anziehung oder Anhängung getrennter fester Körper an einander, der flüssigen und expansibelen Körper unter einander und gegen feste Körper; *Capillar - Attraction* und *Depression* die positive und negative Anziehung tropfbarer Flüssigkeiten in haarröhrchenartigen Räumen fester Körper; *Chemische Anziehung* endlich das durch die eigenthümliche Beschaffenheit der einfachen Bestandtheile der Körper und ihrer Verbindungen bedingte Bestreben, sich nach den Gesetzen der Verwandtschaft mit einander zu verbinden. *M.*

Apertur *S.* Fernrohr.

Aphelium *S.* Sonnenferne.

Apogäum *S.* Erdferne.

Apsiden.

Apsides; Auges; Apsides ou Absides; *Apses or Apsides;* sind in der elliptischen Planetenbahn die beiden Puncte, wo der Planet der Sonne am nächsten und von der Sonne am entferntesten ist[1]. *B.*

Apsidenlinie.

Linea apsidum; ligne des apsides; *line of apsides.* Die zwischen den beiden Puncten der Apsiden gezogene gerade Linie. Sie ist zugleich die grofse Axe der Planetenbahn, (axis orbitae, le grand axe de l'orbite) und geht durch die Sonne, welche im Brennpuncte der Bahn steht, und

1 Dafs das Wort von ἁψὶς oder ἁφὴ herkömmt, darüber sind alle Schriftsteller einig; aber einige leiten es von der Bedeutung: Wölbung oder Bogen, andre (z. B. Kepler epitome astron. Copernic. Lib. V. p. 2.) von der Bedeutung: Berührung her. Plinius (hist. nat. II. 16.) gebraucht es schon so ziemlich in einer Bedeutung, die mit der jetzigen übereinstimmt; aber Plutarch, (der freilich überhaupt dieser Gegenstände wenig kundig zu seyn scheint,) mufs sich wohl etwas andres dabei gedacht haben. De placitis philos. II. 20. 25. 29. Das Wort Auges soll aus dem Arabischen herkommen.

Digitized by Google

durch den Mittelpunct der Bahn. Sie theilt die Bahn in zwei vollkommen gleiche Hälften, und der Planet braucht genau gleiche Zeiten, um die eine und um die andre Hälfte zu durchlaufen. Hierauf gründet sich ein Mittel, die Lage der Apsidenlinie der Erdbahn zu finden. Es ist nämlich leicht, aus den Sonnenbeobachtungen zwei solche zusammen zu finden, die eine genau um 180 Grade verschiedene Länge der Sonne angeben. Bei zwei solchen Beobachtungen hat sich allemal die Erde, wie in A, B, in zwei Puncten be-
Fig. 58. funden, die in derselben durch die Sonne gehenden geraden Linie liegen. Sobald diese Linie AB nicht die Apsidenlinie ist, so ist der Flächenraum ADB kleiner als AEB, und die Erde braucht weniger Zeit, um ADB, als um BEA zu durchlaufen. Hat man also um die Zeit, da sich die Erde nahe bei den Apsiden befindet, die Zeit beobachtet, da die Erde durch FDG laufend ihre Länge um 180 Grade ändert, und diese etwas kürzer als die halbe Umlaufszeit gefunden; hat man dagegen die Zeit, die auf dem Bogen HDJ verwandt wird, schon etwas gröfser als die halbe Umlaufszeit gefunden, so müssen die Apsiden zwischen F, H und G, J liegen, und lassen sich, wenn jene Puncte nahe bei den wahren Apsiden sind, leicht durch Einschaltung finden.

Bei andern Planeten fände eine ähnliche Betrachtung statt.

Die Apsidenlinie behält ihre Lage nicht ganz unveränderlich, sondern durch die Einwirkung der übrigen Planeten rückt sie bei allen Planetenbahnen langsam fort[1]. *B.*

Apparat,

physikalischer; heifst jedes Werkzeug, oder jedes Instrument, welches eigentlich und zunächst zur Anstellung physikalischer Versuche bestimmt ist. Mehrere solcher Apparate machen dann eine Sammlung aus, und werden ein physikalisches Cabinet genannt, welches mehr oder minder vollständig seyn kann, obgleich eine absolute Vollständigkeit bei der sich täglich mehrenden Zahl der Entdeckungen, und der hierzu gehörigen Versuche kaum denkbar, geschweige denn erreichbar ist. Viele der älteren Apparate, welche mehr zur Belustigung, als zur Erforschung der Naturge-

1 Vergl. die Art. *Perturbation* und *Sonnenferne.*

Digitized by Google

setze dienten, in vielen Fällen mangelhaft oder schlecht gearbeitet waren, und ihren Namen von gewissen entfernten Aehnlichkeiten erhielten, z. B. *künstlicher Tantalus, Sieb der Vestalinnen*, von *Guericke's Wettermännchen, Bosen's Beatificatine* u. v. a. hat man allmälig aus den Sammlungen entfernt. Sie finden sich beschrieben und deutlich gezeichnet in den Werken von s'Gravesande[1], Muschenbroek[2] und unter den neueren Compendien vorzüglich im Succow[3]. Die später erfundenen und verfertigten Instrumente zeichnen sich durch grofse Zweckmäfsigkeit, Genauigkeit und Schönheit vortheilhaft aus, und sind im Allgemeinen entweder nach ihren Erfindern, oder nach ihrem Zwecke, den Namen meistens aus dem Griechischen entlehnt, benannt. Da sie bei den einzelnen Artikeln, wozu sie gehören, oder wenn sie vom allgemeinen Gebrauche sind, für sich angegeben und beschrieben werden, so wäre es überflüssig, sie hier aufzuzählen[4]. *M.*

Araeometer.

Hydrometer; Solwaage; Salzspindel; Solspindel; Bierwaage; Brandeweinwaage; Alkoholometer; *Araeometrum; Hygrobaroscopium; Baryllion;* Aréometre; Pese-liqueur; *Hydrometer; Araeometer;* heifsen alle diejenigen verschiedenen Werkzeuge, womit man die relative Dichtigkeit, mithin das spec. Gew. zunächst der Flüssigkeiten im Allgemeinen durch Einsenken in dieselben bestimmt. In einigen Fällen dienen dieselben auch zur Bestimmung des spec. Gew. fester Körper, und manche Schriftsteller betrachten Aräometer und *hydrostatische Waage* als gleichbedeutend,

---

1 S. Physices elementa mathematica, a G. J. s'Gravesande. Leidae 1748. II. T. 4.

2 Introductio ad phil. nat. L. B. 1762. III. T. 4. Institutiones physicae. ib. 1748. Cours de Physique experim. et math. Leyde 1769. III. T. 4.

3 Anfangsgründe der Physik und Chemie, nach den neuesten Entdeckungen von G. A. Succow. II. T. Augsb. 1813. T. I.

4 Vorzüglich reichhaltig an genauen und deutlichen Beschreibungen physikalischer Apparate ist: The Panorama of Science and Art cet. by J. Smith. 2d edit. Lond 1823. 2 Vol. 8. with 49. Plat. Preis 2 Lel. 15 Sh.

Digitized by Google

welches indefs nach dem Beispiele der meisten hier nicht geschieht. Der Name des gebräuchlichsten Wortes Aräometer kommt her von ἀραιὸς, locker, dünn, und das allgemeine Princip, wonach sie construirt sind, beruhet auf dem hydrostatischen Gesetze, dafs ein gleich grofses Volumen einer leichteren Flüssigkeit weniger wiegt, als einer schwereren, und dafs daher ein gleich grofser fester Körper in einer leichteren Flüssigkeit tiefer einsinkt, als in einer schwereren, indem ein jeder Körper nach hydrostatischen Gesetzen in einer jeden Flüssigkeit so viel von seinem Gewichte verliert, als der vor ihm verdrängte Theil der Flüssigkeit wiegt, worin er eingetaucht ist. Heifsen nämlich D und d die Dichtigkeiten, P und p die Gewichte, V und v die Volumina zweier Flüssigkeiten; so ist $D : d = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$. Ein gegebener fester Körper wird daher nur dann in einer Flüssigkeit mit seinem ganzen Gewichte getragen werden, wenn der aus der Stelle getriebene Theil derselben so viel wiegt, als er selbst. Sinkt daher ein gegebener fester Körper in zwei ungleichen Flüssigkeiten ungleich tief ein, bis er völlig getragen wird, so ist in der gegebenen Formel $P = p$, und es wird daher

I. $D : d = v : V$.

Sinkt er aber gleich tief ein, indem man sein Gewicht verändert, oder bestimmt man das Gewicht gleich grofser Voluminum durch Abwiegen verschiedener Flüssigkeiten in ein und demselben Gefäfse, so ist $V = v$ und demnach

II. $D : d = P : p$.

Nach dem in diesen beiden Formeln ausgedrückten Gesetze sind die verschiedenen Werkzeuge construirt, welche am zweckmäfsigsten einzeln beurtheilt werden.

Die ersten Spuren der Aräometrie fallen in die dunkeln Zeiten des hohen Alterthums, aber ausgemacht ist aus dem Gedichte des Rhemmius Fannius Palaemon de ponderibus et mensuris[1], dafs Archimedes ein gut construirtes Aräometer von Blech mit einer in Grade getheilten Scale entweder erfand oder mindestens gebrauchte, und dafs man seitdem die

1 Wernsdorf Poetae lat. min. V. 510. Salverte in Ann. de Chim XXVII. p. 113. G. VI. 125.

spec. Gew. verschiedener Flüssigkeiten damit zu messen verstand. Von der nämlichen Art war daher ohne Zweifel das *Baryllion* der Alten, dessen Synesius von Cyrene, Bischof zu Ptolemais in seinem Briefe an seine Lehrerin Hypatia erwähnt[1], ohne dafs die letztere als die Erfinderin desselben anzunehmen ist. In Deutschland scheint der Gebrauch der Salzspindeln sehr alt zu seyn, wenigstens gedenkt Thölden in seiner 1603 herausgekommenen Halographie eines solchen Werkzeuges, welches aus einem hölzernen, unten mit Blei ausgegossenen Cylinder bestand, als einer längst bekannten Sache[2], Des-Chales[3] aber († 1678) giebt schon an, wie man dasselbe zum Abwägen nach Procenten des Salzgehaltes einrichten könne.

Seit dem Anfange eines gründlichern Studiums der Naturlehre hat man die verschiedenen Arten Aräometer vielfach verbessert. Einer der ältesten Verbesserer des nach der ersten Formel construirten, eigentlichen Aräometers mit fester Scale ist Robert Boyle, welcher die Gestalt desselben und seinen Gebrauch beschrieben[4], und einige Jahre nachher auch die Reinheit des Goldes damit zu prüfen gelehrt hat[5]. An eine cylindrische Glasröhre wird eine Kugel angeblasen, damit diese das ganze Werkzeug durch ihre Ausdehnung und ihr geringes Gewicht im Wasser statisch schwimmend erhält, und unter dieser befindet sich eine kleinere Kugel mit Quecksilber oder Schrot, um den Schwerpunct tiefer herabzubringen, und das Schwimmen in lothrechter Lage möglich zu machen. Statt der unteren Kugel wird zuweilen die gröfsere blofs nach unten etwas verlängert, auch verfertigt man diese Spindeln von Metall, Bernstein, Elfenbein und andern Substanzen. Es versteht sich hierbei von selbst, dafs das Instrument in leichteren Flüssigkeiten tiefer einsinkt, als in schwereren, ohne dafs die bei den älteren und schlechteren willkührlich angebrachten Abthei-

Fig. 59.

1 S. Fermatii opera mathem. Tolosae 1679. fol. sub fin. J. S. Wolfii fragmenta mulierum graec. Gott. 1739. p. 368.

2 S. Leupold Theatrum Stat. univ. II. cap. 6.

3 Mundus math. Tract. XIV. T. II. p. 160.

4 S. Phil. Trans. II. N. 24. p. 447.

5 S. ib. X. N. 115. p. 329.

lungen oder sogenannten Graden das eigentliche Verhältnifs des spec. Gew. anzugeben vermögen. Zur Prüfung der Aechtheit der Goldmünzen benutzte Robert Boyle[1] dieses Werkzeug sehr einfach, indem er an die untere Kugel zwei normal über einander liegende feine Metalldrähte befestigte, eine ächte Goldmünze darauf legte, und den Punct, bis zu welchem das Aräometer in reinem Wasser einsank, auf der Scale bemerkte. Wurde dann statt der ächten Münze eine falsche aufgelegt, so sank dasselbe weniger tief ein. Vorzüglich hat sich Cornelius Meyer[2] hiermit beschäftigt, und giebt an, dafs er 1668 diese Erfindung gemacht, und zu diesem Zweck sechs verschiedene Arten solcher Goldwaagen verfertigt habe, welche dem späteren Fahrenheitschen Aräometer sehr ähnlich sind. Die Generalstaaten liefsen ihn, nach seiner Erzählung, durch eine Gesandtschaft um Mittheilung dieser Erfindung ersuchen.

Besser für den praktischen Gebrauch sind die sogenannten *Solwaagen, Gradirwaagen, Salzproben, Salzspindeln*, deren man sich schon in älteren Zeiten bediente, und welche empirisch graduirt wurden, indem man 1 Th. Salz in 99 Th. Wasser; dann 2 Th. Salz in 98 Th. Wasser u. s. w. auflöste, und die Puncte, bis wie tief die Spindel bei jeder Mischung einsank, auf der Röhre der Spindel oder innerhalb derselben bezeichnete[3]. Werden solche Werkzeuge von Glas oder Metall mit gehöriger Rücksicht auf die eigenthümliche Art und eine bestimmte Trockenheit der Salze, hauptsächlich aber auf eine hierbei erforderliche Normaltemperatur (welche entweder mit einem Thermometer gemessen, oder in dessen Ermangelung[4] durch mehrstündiges Hinstellen der zu wägenden Flüssigkeiten auf den Boden tiefer Keller in allen Jahreszeiten nahe gleichmäfsig erhalten werden kann), zwar empirisch aber mit hinlänglicher Genauigkeit graduirt; so sind sie für den gemeinen Arbeiter bei Salz, Alaun, Vitriol, Salpeter und Potasche – Siedereien,

1 Phil. Trans. 1674. Leupold Theatr. stat. univ. II. c. 6.

2 Nuovi Ritrovamenti divisi in due parti. Rom. 1696. fol.

3 Leupold a. a. O.

4 S. Munke Anfangsgründe der Experimentalph. I. 67.

desgleichen bei Branntweinbrennereien und Bierbrauereien, wie auch endlich für den gemeinen Polizeiaufseher die brauchbarsten Werkzeuge. Oft begnügt man sich, für diesen praktischen Zweck nur einen Punct als Normalpunct, bis wie tief die Spindel einsinken darf, anzugeben, wie dieses z. B. bei den Danziger Bierwaagen von Bernstein und andern polizeilichen Bierwaagen der Fall ist. Faggot[1] schlug dagegen vor, für das Schwedische Bier den Spindeln vier Grade zu geben, welche reinem Biere und Mischungen von 3; 2 und 1 Th. Bier mit 1; 2 und 3 Th. Wasser entsprächen, oder diese Puncte vermittelst ungleich starker Salzsolen zu bestimmen. Wenn in solchen Mischungen nur zwei Substanzen enthalten sind, so giebt diese Methode allerdings genaue Resultate. Sind aber mehr als zwei Stoffe mit einander verbunden, insbesondere aber solche, deren einige die Mischung leichter, andre aber schwerer machen, z. B. Weingeist, Kohlensäure, Schleimzucker, Extractivstoff, Salze, Säuren, Weinstein u. a.; so müssen die Proben mit diesen Spindeln entweder ganz unbestimmt oder trüglich seyn, und es ist daher die Frage, ob Bier und junger Wein auf diese Weise überhaupt geprüft werden können[2].

Die auf die angegebene Weise graduirten Aräometer sind nicht allgemein, sondern nur für eine bestimmte Mischung individueller Substanzen bei einer gegebenen Temperatur anwendbar. Man suchte daher ihre allgemeine Anwendbarkeit dadurch zu erhalten, dafs man zwei feste Puncte bestimmte, und den zwischenliegenden Raum in bestimmte Theile theilte. Die festen Puncte können nicht füglich andere seyn, als solche, wodurch die vollkommenste Reinheit und die gröfste Menge der Beimischung ausgedrückt wird. Theilt man den Raum des genau cylindrischen Spindelhalses zwischen diesen beiden Normalpuncten in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, so beruhet dieses auf der Voraussetzung, dafs die Veränderungen der Dichtigkeiten der zu untersuchenden Flüssigkeiten den Zunahmen des einsinkenden Theiles der Spindel umgekehrt proportional sind. Dafs

1 S. Schwed. Abh. üb. v. Kästner 1763. p. 49.

2 Meisner Araeom. p. 101 ff.

diese, bei den gemeinen Aräometern, namentlich denen von Beaumé, Cartier, Richter u. a. in Anwendung gebrachte Voraussetzung falsch sey, läfst sich am leichtesten durch folgende Betrachtung anschaulich machen. Es sey das Volumen der einsinkenden Aräometerkugel = A = 10; das Volumen des Halses (der Röhre oder Spindel) = a = 5; das Volumen eines der 50 gleichen Grade, worin die Spindel von der Kugel an getheilt ist = b = 0,1; so müfste b : A = b : A + a; also in Zahlen 0,1 : 10 = 0,1 : 15 seyn, welches offenbar ungereimt ist. Diesemnach mufs also entweder bei gleicher Länge der Grade der Hals des Aräometers ungleich dick seyn, oder es müssen bei vollkommener Cylinderform des letztoren die Grade ungleich lang, und dem eingesenkten Theile proportional seyn, oder aber man mufs bei gleichen Graden einer cylindrischen Röhre die denselben zugehörigen spec. Gew. eigens berechnen. Mit mehrerer oder minderer Berücksichtigung dieser nothwendigen Bedingungen sind nach und nach eine grofse Menge von Aräometern in Vorschlag gebracht, und wirklich ausgeführt, von denen die bekanntesten näher zu beschreiben die Wichtigkeit und Allgemeinheit ihrer Anwendung nothwendig macht.

Fig. 60. Musschenbroek[1] giebt an, man solle die Spindel unten mit einem angeschrobenen Gewichte beschweren, so dafs sie in Regenwasser bis an das Ende des Styles einsinkt, in einer Flüssigkeit aber, wovon ein gleiches Volumen 40 Gran mehr wöge, nur bis an den Anfang des Stieles, und dann sey dieser in 40 gleiche Theile zu theilen, damit ein jeder derselben eine Zunahme von 1 Gr. angäbe[2]. Für Flüssigkeiten, bei welchen die Gewichtszunahme eines gleichen Volumens mehr oder weniger als 40 Gr. betrüge, könne man schwerere oder leichtere Gewichte anschrauben. Es ergiebt sich aus späteren Untersuchungen, dafs auf diesem Wege das Ziel nicht erreicht wird.

Die von Musschenbroek angegebene Construction hat man im Wesentlichen späterhin beibehalten. Abweichend

1 Introd. II. §. 1384.

2 Desagüliers in Phil. Tr. XXXVI. 277. schlug eine kupferne Kugel mit angeschrobenem Gewichte vor.

Digitized by Google

davon ist ein sehr einfaches Aräometer, welches Heinsius in Leipzig bei seinen hydrostatischen Versuchen in den Vorlesungen zu zeigen pflegte[1], welches aus einem sehr genau gearbeiteten Parallelopipedum von leichtem und zugleich möglichst festen Holze besteht, an jeder Seite mit einer in etwa 1000 Theile getheilten Linie, um auch bei schiefer Lage desselben den eingetauchten Theil genau messen zu können. Sinkt dasselbe dann z. B. in Regenwasser bis 550 Th. ein, in einer leichteren Flüssigkeit bis 600, so wäre das Verhältnifs hierdurch gegeben, und das spec. Gew. der Flüssigkeit = 550 : 600 = 0,916... Die Verfertigung dieses Instrumentes von Holz, und die hieraus folgende schiefe Lage desselben in den Flüssigkeiten sind entschiedene Mängel desselben; würde es aber aus Metall als nicht sehr dicke und nicht übermäfsig lange, hohle cylindrische Röhre von dünnen Seitenwänden verfertigt, und der Schwerpunct so angebracht, dafs es allezeit lothrecht schwimmen könnte, so wäre es eins der einfachsten und sichersten, den späteren Richterschen nahe kommendes Aräometer. Diesem ähnlich sind die Würfel von Eis, deren sich noch zuweilen die Seefahrer zur Auffindung des spec. Gew. desselben gegen Seewasser bedienen[2]. Die Schwierigkeit, zwei absolute feste Puncte zu erhalten, und die Unterschiede der einsinkenden Theile des Aräometers mit den Veränderungen der Dichtigkeiten in Uebereinstimmung zu bringen, hat vor allen zuerst Brisson überwunden[3]. Ist nämlich die Dichtigkeit des Wassers zu der einer andern Flüssigkeit = D:d, und sinkt das Aräometer in Wasser mit dem Volumen b ein, so mufs es in der leichteren Flüssigkeit um den Raum $b\frac{D}{d}$ einsinken. Soll es nun im Wasser gleichfalls um den Raum $b\frac{D}{d}$ einsinken, so mufs sein Gewicht, wenn es anfangs = p war, als es im Wasser mit dem Vo-

1 Nach seines Zuhörers, Gehlers, Zeugnisse.

2 Parry zweite Reise zur Entdeckung cet. d. Ueb. 1822. S. 148.

3 S. Dictionaire de physique Art. Aréometre. Mém. de l'Ac. 1788 583, wo sich die Tabellen zur Graduirung befinden.

Digitized by Google

lumen b einsank, nunmehro $= p\frac{D}{d}$ werden. Vermehrt man also das Gewicht um $p\frac{D}{d} - p = p\frac{D-d}{d}$, so sinkt es so tief ein, als es in einer Flüssigkeit von der Dichtigkeit $= d$ einsinken würde. Nennt man also die Dichtigkeit des Wassers $= D = 1000$, und läfst d nach einander $= 990; 980; 970 \ldots$ werden, so erhält man $\frac{D-d}{d} = \frac{10}{990}; \frac{20}{980}; \frac{30}{970}; \ldots$, wonach bei einer bestimmten Temperatur, wozu Brisson 14° R. wählt, die Puncte des Einsinkens in leichteren Flüssigkeiten bestimmt werden können. Derjenige Punct, bis auf welchen das Instrument in Regenwasser einsinkt, ist 1000; es werden dann nach einander $\frac{10}{990}; \frac{20}{980} \ldots$. vom ganzen Gewichte des Instrumentes an Quecksilber zugegossen, und die Puncte des Einsinkens mit 990; 980 ... bezeichnet. Hierdurch ist die Scale von 10 zu 10 Graden genau den spec. Gew. entsprechend getheilt, und man darf dann ohne bedeutenden Fehler die einzelnen hierzwischen liegenden Grade in gleichen Abständen auf die Scale zeichnen, oder auch diese zu gröfserer Genauigkeit gleichfalls abwiegen, welches übrigens höchst mühsam seyn würde. Für schwerere Flüssigkeiten, als Wasser, wird $D - d$ negativ, folglich ist das anfängliche Gewicht $= p\frac{D-d}{d}$ um $\frac{10}{1010}; \frac{20}{1020} \ldots$ zu vermindern, wenn man auch diesen Theil der Scale zeichnen will. Giebt man demnächst dem Instrumente sein anfängliches Gewicht $= p$ wieder, so zeigen die Grade, bis zu denen es bei der Normaltemperatur einsinkt, das spec. Gew. der Flüssigkeiten. Indem hierdurch vollkommene Genauigkeit erreicht wird, so ist zu bewundern, dafs solche Apparate nicht gebräuchlicher geworden, vielmehr eigentlich ganz unbeachtet geblieben sind. Zur Vermeidung der Kostbarkeit hätte man die gewöhnlichen Instrumente immerhin nach einem genauen Normal-Instrumente graduiren können. Wahrscheinlich fanden indefs die empirisch arbeitenden Künstler die ganze Demonstration zu schwierig.

Eine etwas zusammengesetzte Vorrichtung, um die verschiedenen Puncte, bis zu welchen das Aräometer beim Verfertigen durch die Veränderung seiner Gewichte einsinkt,

Digitized by Google

genau auf die, nachher in die Röhre zu schiebende papierne Scale zu zeichnen, giebt Montigny an[1]. Ein elfenbeinerner Stab hl mit einem genau schliefsenden Schieber hn wird von einem messingnen, das Glas umschliefsenden (oder auf dem Boden befestigten) Träger mm getragen. Ist das Aräometer bis zum Normalpuncte eingesenkt, so berührt der Schieber bei fn die Spitze desselben. Sinkt es durch Vermehrung des Gewichtes tiefer ein, so drückt man den Schieber bis zur Berührung der Spitze herab, und zeichnet i oder k, .. mit dem Bleistifte auf den elfenbeinenen Stab, und trägt die Scale von diesem auf das Papier. Wollte man indefs die spec. Gew. aller ungleich dichten Flüssigkeiten auf eine einzige Scale bringen, so würden die Grade entweder zu klein werden, oder die Spindel umschlagen. Brander und Höschel[2] verfertigten daher nach den angegebenen richtigen Grundsätzen[3] sechs Senkwaagen, deren eine die spec. Gew. zwischen 0,983 und 1,018; die zweite von 1 bis 0,928; die dritte bis 0,857; die vierte von 1 bis 1,071; die fünfte bis 1,143 angiebt, die sechste aber den Gehalt des Salzes in einem Wiener Cub. F. Sole. Bei dieser letzteren liegen die von Lambert[4] angestellten Untersuchungen über den Gehalt der Salzsolen zum Grunde. Fig. 61.

Beaume[5] gab ein nach ihm benanntes Aräometer an, welches seiner Mängel ungeachtet am meisten gebraucht wird. Als feste Puncte wählte er reines Wasser und eine Salzsole von 1 Th. trocknem Kochsalze und 9 Th. Wasser, bezeichnete die Puncte des Einsinkens mit 10 und 0, theilte den Raum in 10 gleiche Theile, und trug noch 40 solcher Theile auf das übrige Ende der Scale. Hiermit glaubte er den Grad der Rectification geistiger Getränke und ihr spec. Gew. zugleich bestimmen zu können. Da sich aber beide Fig. 62.

1 Mém. de l'Ac. 1768. p. 435.

2 Nachricht hiervon ist beigefügt: Beschreibung des neuen Spiegelquadranten nach Hadley's Theorie. Augsb. 1777.

3 Lehrbegr. d. gesammten Mathematik. Aufgesetzt von W. J. G. Karsten. 2te Aufl. Greifswald 1778. I. Bd. II. p. 198.

4 Hist. de l'Acad. de Prusse. 1762. XVIII. 27.

5 Avant-Coureur 1768. Nro. 45. 50. 51. 52. 1769. Nro. 2.

Digitized by Google

nicht in gleichen Verhältnissen verändern[1], so beabsichtigte er blofs eine übereinstimmende Sprache der Aräometer zu erhalten, obgleich auch dieses unmöglich ist, weil die Art, vorzüglich aber der Grad der Reinheit und Trockenheit des gebrauchten Salzes nicht überall genau bestimmt werden kann. Wäre sonst dieses, so liefsen sich aus dem spec. Gew. der Salzsole und des Wassers die spec. Gew. anderer Flüssigkeiten aus den Graden, bis zu welchen die Aräometer in ihnen einsinken, berechnen. Nachher construirte Beaumé ein Aräometer auch für schwerere Flüssigkeiten als Wasser, indem er den Punct des Einsinkens in Wasser = 0 Fig. 63. und in eine Mischung von 85 Th. Wasser und 15 Th. trocknen Kochsalzes = 15 annahm, und solche Grade nach unten bis 70 und mehrere auf die Scale zeichnete[2]. Hiermit liefsen sich zwar alle Flüssigkeiten, schwerer als Wasser und leichter als Quecksilber abwiegen; allein es treffen dieses Instrument die nämlichen Einwürfe als das andere. Aus der Vergleichung beider ergiebt sich übrigens, dafs bei dem ersteren der Dichtigkeitspunct für Wasser auf 10°, bei dem zweiten aber auf 0° fällt, und es riethen daher einige Gelehrte, den Dichtigkeitspunct für Wasser überhaupt auf 0° zu setzen, und dann gleiche Grade über und unter diesem Puncte zu wählen; welcher Vorschlag indefs keine allgemeine Aufnahme fand. Blofs die Pharmacopoea Batava von 1805 verordnet in Gemäfsheit eines Vorschlags der Amsterdamer Aerzte, dafs die Aräometer auf dem Puncte der Dichtigkeit des Wassers 0, in einer Mischung von 9 Th. Wasser und 1 Th. Kochsalz 10 Grad zeigen, und dann gleiche Grade über und unter 0 aufgetragen werden sollten. Man nennt solche Aräometer *holländische*.

So allgemein indefs die Beauméschen Aräometer auch gebraucht wurden, so fühlte man doch bald, dafs sie die spec.

---

1 Brisson Mém. de l'Ac. 1788 p. 583.

2 Elements de Pharmacie théorique et pratique par A. Beaumé; à Paris 1769. p. 468. Vergl. de Manchy l'Art du distillateur d'eaux fortes. Par. 1773 p. 100, und dessen Uebersetzung: de Manchy's Laborant im Grofsen. Leipz. 1784. I. 292. Anm. von Struve und Hahnemann. Gattey in Nouveaux Mém. de l'Ac. de Dijon. 1788. I. 187 und daraus in v. Crell's Ann. 1789. I. 146.

Digitized by Google

Gew. der Flüssigkeiten nicht selbst angaben, und es unternahmen daher einige Gelehrte, namentlich Gilpin[1] und Gerstner[2], Vauquelin und Thenard[3], Hassenfratz, Bingley[4] u. a. diese letzteren für die Grade der Aräometer zu berechnen und beide in Tabellen zusammenzustellen[5], deren sich manche bedienen, um beide Gröfsen auf einander zu reduciren.

Hallstroem[6] prüft diese verschiedenen Berechnungen, und bemerkt dabei, dafs abgesehen von den engen Räumen der Grade des Aräometers und der selten vollkommen genauen Cylinderform auch die Temperaturen, bei welchen die den Berechnungen zum Grunde liegenden Beobachtungen angestellt wurden, verschieden angegeben werden. Das Mittel, dessen man sich allgemein bedient, um die den Graden des Aräometers zugehörigen spec. Gew. der Flüssigkeiten zu finden, besteht in Abwägungen desselben in destillirtem Wasser vermittelst bestimmter aufgelegter Gewichte, wodurch man indefs nur für einige Grade genaue Werthe erhält, für die zwischenliegenden aber blofs genäherte. Man senkt zu diesem Ende das Aräometer in destillirtes Wasser ein, so dafs es auf 0° steht, also wenn es für schwerere Flüssigkeiten bestimmt ist, als das Wasser, so müssen Gewichte aufgelegt werden, bis es an diesen Punct genau einsinkt. Dann wird das absolute Gewicht des Instrumentes gesucht, welches $= P$ sey, der Grad, welchen es zeigt, heifse G_0. Durch aufgelegte Gewichte $= P_1$; P_2; P_3;...[7]

---

1 Nicholson's J. 1797. Apr. Ann. de Chim. XXIII. p. 183.

2 K. A. Neumann Lehrbuch der Chemie mit besonderer Hinsicht auf Technologie 1810.

3 Traité de Chimie élem. théor. et prat. Par. 1814. II. 253.

4 Hallstroem in Allgem. nordische Ann. d. Chemie von Scherer, Petersb. 1820. IV. 31.

5 Diese und andere ausführliche Tabellen finden sich in Meisners Aräom. Tab. XXIX. Eine kurze Tabelle von Hufs ist dem Lehrbuche d. Physik von J. P. Neumann, Wien 1818. Th. I. Tab. XI. beigefügt, allein alle geben verschiedene Werthe an, und es ist daher gleich zweckwidrig, eine derselben als alle aufzunehmen.

6 a. a. O.

7 Hallstroem schlägt Ringe vor, deren Gewichtsverlust im Wasser bestimmt ist, und welche auf die Röhre des Instrumentes geschoben

Digitized by Google

sinke dasselbe bis zu den Graden G_1; G_2; G_3; ... ein, so findet man die spec. Gew. der Flüssigkeiten, worin dasselbe bis zu diesen nämlichen Graden einsinkt, nämlich S_0; S_1; S_2; S_3; ..., wobei S_0 das dem Wasser zugehörige spec. Gew. bezeichnet, worin das Aräometer bis G_0 einsinkt, indem

$$S_1 = \frac{P}{P+P_1} S_0;\ S_2 = \frac{P}{P+P_2} S_0;\ S_3 = \frac{P}{P+P_3} S_0 \ldots \text{ ist.}$$

Aus diesen verschiedenen Werthen lassen sich die allgemeinen Gleichungen

$$\begin{aligned} S_1 &= a + bG + cG^2 + dG^3 \\ S_2 &= a + bG_2 + cG_2^2 + dG_2^3 \\ S_3 &= a + bG_3 + cG_3^2 + dG_3^3 \\ S_4 &= a + bG_4 + cG_4^2 + dG_4^3 \end{aligned}$$

bilden, und somit die Coefficienten a; b; c; d ... bestimmen. Bei vollkommen cylindrischen Röhren genügen zwei Abwägungen, und die Bestimmung von a und b durch zwei Gleichungen. So fand Hallstroem durch die Abwägungen, mit einem Beauméschen Aräometer bei 16° R.

$P = 247{,}97$; $G_0 = 0$; $S_0 = 1$
$P_1 = 9{,}52$; $G_1 = 5$; $S_1 = 0{,}963$
$P_2 = 20{,}98$; $G_2 = 10$; $S_2 = 0{,}922$
$P_3 = 31{,}74$; $G_3 = 15$; $S_3 = 0{,}887$
$P_4 = 42{,}90$; $G_4 = 20$; $S_4 = 0{,}859$

Hieraus findet man

$S_1 = 0{,}963 = a + 5b$
$S_2 = 0{,}922 = a + 10b$
$S_3 = 0{,}887 = a + 15b$
$S_4 = 0{,}859 = a + 20b$

Hieraus $3{,}625 = 4a + 50b$
$44{,}400 = 50a + 750b$

wonach $a = 0{,}997$; $b = -0{,}0073$
daher $S = 0{,}997 - 0{,}0073\,G$.

---

werden sollen; Bohnenberger in: Tübinger Blätter für Naturw. u. Arzneikunde von Autenrieth u. Bohnenberger. Tüb. 1816. II. H. 2. p. 257 schlägt ungleich zweckmäßiger vor, vermittelst etwas Siegellack ein papiernes Schälchen oben an der Scale zu befestigen, dieses durch drei Seidenfädchen an die Waagschale einer hydrostatischen Waage aufzuhängen, und die Gewichte nach Befinden entweder in dieses Schälchen, oder in die andere Waagschale zu legen.

Digitized by Google

Durch das hier angegebene Verfahren kann man auch die Scalen, nicht blofs verschiedener Beaumé'scher Aräometer, sondern auch solcher, welche von andern Künstlern verfertigt sind, mit einander vergleichbar machen, indem man die den Graden zugehörigen, durch das Abwiegen gefundenen spec. Gew. in eine Tabelle neben einander setzt[1]. Man wird indefs unten sehen, dafs es nicht schwierig ist, ursprünglich richtige Aräometerscalen zu verfertigen, weswegen es überflüssig scheinen könnte, schlechte Instrumente hierdurch brauchbar zu machen, wenn nicht diese allgemeine Methode zugleich dazu diente, die Scalen der Aräometer zu prüfen.

Gleichzeitig mit den Vorschlägen Beaumé's über die Auffindung fester Puncte für die Aräometerscale wurden auch andere bekannt gemacht, namentlich von Poncelet, Pouget und Bories auf Veranlassung der von den Ständen in Languedoc 1771 und 1773 hierüber aufgegebenen Preisfragen; allein sie sind nie eigentlich in Ausführung gebracht. Letzteres war auch der Fall mit einer von Le Raz de Lanthenée vorgeschlagenen Scale[2]. Man sollte nach ihm das Aräometer von 1000 Gr. Gewicht in Wasser eintauchen, und den Punct des Einsinkens mit 0 bezeichnen; dann 40 Gr. zulegen, und den Punct, bis auf welchen es dann einsinken würde, mit 40, den Raum dazwischen dann in 40 gleiche Theile theilen, überhaupt aber, wenn das ganze Instrument weniger wöge, weniger Grane zulegen, und die erhaltenen festen Puncte in so viele Grade theilen, als Grane zugelegt wären. So brauchbar übrigens die hier angegebene, wahrscheinlich von Musschenbroek entlehnte Methode ist, so sind doch die Ansichten des Erfinders von der vorgeschlagenen Scale unrichtig. Indem sich nämlich die Dichtigkeiten zweier Flüssigkeiten, in welcher die Scale bis 0 und 40 einsinken würde, wie 1040 : 1000 verhalten würden, so ist die leichtere um $\frac{40}{1040}$ oder $\frac{1}{26}$ leichter, und wenn man eine Spindel von geringerem Gewichte verfertigte, so müfste die Zulage auch geringer seyn, aber in einem glei-

1 S. von Bohnenberger a. a. O.

2 S. Brisson in Dict. de phys. art. Aréom.

chen Verhältnisse. Wöge sie also 800 Gr., so müfsten $40 \cdot \frac{800}{1000} = 32$ Gr. zugelegt, der Raum zwischen den festen Puncten aber dennoch der Uebereinstimmung wegen in 40 Theile getheilt werden, nicht aber, wie der Erfinder meint, in so viele, als Grane zugelegt sind[1]. Ist übrigens das Gewicht des Werkzeuges = p; die Zahl der eingetauchten Grade = n; so ist das spec. Gew. des Wassers zu dem der leichteren Flüssigkeit = p + n : p. Ein ähnliches Princip befolgte Cassois[2] bei seinem Vorschlage, die Scalen zu theilen. Hiernach soll das Wasser als Einheit genommen, und der Punct, bis welchen das Aräometer einsinkt, mit 0 bezeichnet werden. Dann giebt man so viel Weingeist hinzu, bis eine in einem Glase gewogene gleiche Quantität $\frac{1}{10}$ weniger wiegt, bezeichnet den Punct, auf welchen das Aräometer dann einsinkt, mit 10, und theilt den Raum in 10 Theile. Für schwerere Flüssigkeiten wird Kochsalz zugesetzt, um $\frac{1}{10}$ mehr Gewicht zu erhalten, und so werden nach diesen festen Puncten die Scalen getheilt, und die spec. Gew. berechnet.

Eine leichtere Methode, die Aräometer, von ihm *Hydrometer* genannt, zu graduiren schlägt Büsch vor[3]. Man verfertige das Instrument so, dafs es in reinem Wasser bis an einen gewissen Punct einsinkt, und wiege es dann in freier Luft. Es wiege so gewogen 340 Gr. durch ein schon im Wasser hängendes und also mitgewogenes Gewicht werde dasselbe dann tiefer bis B herabgezogen, und verliere hierbei 370 Gr., so ist der eingesenkte Theil = $\frac{30}{370}$ des Ganzen. Die Länge des hierbei eingesenkten Theiles mufs dann in dem hierdurch gefundenen Verhältnisse getheilt werden. Sollen z. B. die einzelnen Grade Hunderttheile des Ganzen angeben, so hat man die Proportion 370 : 30 = 100 : x. Ist also die Länge des eingetauchten Theils = a, hier = 8,108 . . ., so wird 1 Grad der hunderttheiligen Scale = a . 0,08108 . . ., welche Gröfse für jeden einzelnen Grad

1 Vergl. Le Roy in Mém. de l'Ac. 1770. 526.

2 J. de Ph. XV. 228. Lichtenb. Mag. I. 1. 92.

3 S. Versuch einer Mathematik zum Nutzen und Vergnügen des bürgerlichen Lebens. Hamb. 1791. II. 47.

Digitized by Google

nach einem hinlänglich fein getheilten Maſsstabe aufgetragen werden muſs.

Daſs man bei diesen früheren fehlerhaften Eintheilungsarten fortwährend blieb, ist in der That befremdend, da schon 1788 Vallet[1] die Unrichtigkeiten der gewöhnlichen Aräometer, namentlich des Baumé'schen und Cartierschen nachwies, und zugleich zeigte, daſs die Grade eines Aräometers nicht in einer arithmetischen Reihe zunehmen können, weil die Dichtigkeiten der Flüssigkeiten eine geometrische Reihe bilden. Eine geometrische Construction der Scalen, wonach er seine Aräometer graduirte, scheint unbeachtet geblieben zu seyn.

Benteley's Aräometer, verfertigt von Beck in Bern, welches, als gleichfalls sehr bekannt, der Vollständigkeit wegen hier genannt werden möge, soll so construirt werden, daſs der Dichtigkeitspunct des Wassers mit 0 bezeichnet wird, ein anderer Fundamentalpunct aber, welcher einem spec. Gew. = 0,850 entspricht, (wonach die Differenz also 0,15 beträgt,) 30 Grade über diesem liegt, wozu noch 10 gleiche Grade bis an das Ende der Röhre, also im Ganzen 40 Grade über 0 kommen; unter 0 aber erhält die Scale 80 den vorigen gleiche Grade[2]. In der wirklichen Ausführung wird die Scale in zwei Theile getheilt, indem die eine die Grade für leichtere Flüssigkeiten von 0 bis 40 aufwärts, die andere für schwerere von 0 bis 80 abwärts erhält. Der Vorzug vor dem Beaumé'schen besteht in einer bestimmten Angabe der spec. Gew. durch die, ohnehin weiter abstehenden festen Puncte, weswegen auch für diese Scalen sogleich Tabellen über die den Graden entsprechenden spec. Gew. hinzugefügt waren.

J. B. Richter gründete die Construction seiner Aräometer auf den Grundsatz, daſs gleiche Grade zwischen zwei für genau bestimmte spec. Gew. gefundenen Puncten die Dichtigkeiten unmittelbar angäben[3]. Hiernach verfertigte

---

1 J. de Ph. XXXIII. 241.

2 Trommsdorffs Journ. d. Pharm. VIII. 177. und IX. 17.

3 J. B. Richter über die neueren Gegenstände der Chemie. Breslau 1795. N. V. S. 51.

Digitized by Google

er seine *Alkoholometer*, deren Scalen nach der im Verlaufe der Untersuchung genauer gefundenen Reinheit des Alkohols verschieden waren. Den Punct, bis auf welchen sie in reinem Wasser einsanken, bezeichnete er mit 0, nahm dann zur Bestimmung des zweiten Normalpunctes Alkohol, zuerst von 0,821 spec. Gew. [1] und theilte den Raum in 100 Grade; dann bestimmte er die letzteren nach Lowitzens Tabelle über die spec. Gew. geistiger Flüssigkeiten [2] den Alkohol = 0,791 bei 16° R. angenommen, nach welcher Norm auch von verschiedenen andern Künstlern Aräometer verfertigt sind [3], endlich nach seinen eigenen stöchiometrischen Bestimmungen, den absoluten Alkohol = 0,792 gesetzt [4]. Richters *allgemeines Aräometer* sollte im Allgemeinen das spec. Gew. von 0,700 bis 2,00 angeben, und er suchte diese ganze Scale entweder auf ein einziges Instrument zu bringen, oder er vertheilte sie auf drei von 0,7 bis 1,0 von 1,0 bis 1,5 und von 1,5 bis 2,0. Auch die Form änderte er ab, indem er zuerst statt der gewöhnlichen Kugel der Aräometer einen Cylinder zur Erhaltung eines gröfseren Volumens wählte, nachher aber das ganze Instrument als einen blofsen Cylinder mit Schrot oder Quecksilber beschwert, construirte, um dasselbe auch bei kleineren Mengen der zu prüfenden Flüssigkeiten anwenden zu können. In wie fern aber dieses Verfahren, eben wie das durch Büsch vorgeschlagene, fehlerhaft sey, lehrt die folgende Untersuchung.

Fig. 64.

Fig. 65.

Die Versuche Richters veranlafsten nämlich G. G. Schmidt in Giefsen zu einer gründlichen und umfassenden Prüfung der Form zweckmäfsig verfertigter Aräometer und einer richtigen Eintheilung ihrer Scalen [5]. Indem das Werkzeug aufrecht schwimmen und zugleich sich in der Flüssigkeit leicht bewegen soll, so mufs ein gewisses Verhältnifs zwischen der Gröfse seines Gefäfses und der Länge nebst Dicke

1 Richter's Anfangsgründe der Stöchiometrie. 1793. III. 280.

2 v. Crell's Anual. 1797. St. III. p. 203.

3 Meisner Aräometrie. p. 150.

4 Richter über die neueren Gegenstände d. Chemie St. VIII. p. 80. Vergl. N. Schr. d. Berl. Ges. Nat. Fr. III. 329. Giornale della società d'incoraggiomento delle scienze e de le arti. Milano 1808. No. III. p. 229.

5 Gren's N. J. d. Phys. III. 117.

Digitized by Google

der Röhre statt finden, wobei die Grade so viel gröfser werden, je dünner die letztere ist, vorausgesetzt, dafs sich dann noch eine Scale in dieselbe schieben läfst, und zugleich die erforderliche Stärke und der Schwerpunct des Ganzen berücksichtigt wird [1]. Letzterer mufs nämlich selbst dann, wenn das Werkzeug am wenigsten eingetaucht ist, tiefer liegen, als der Mittelpunct des eingetauchten Theils, weil es sonst umschlagen würde. Die Länge des Stieles, oder der Röhre darf daher ein gewisses maximum nicht überschreiten. Zur leichteren Uebersicht setze man dieses = 9 Z. wenn der Raum des Gefäfses 0,5 Cub. Z. genommen wird. Soll dann die Scale die Dichtigkeiten von 1 bis 1,5 angeben, so mufs der Inhalt der Röhre zum Inhalte des Gefäfses = 1:2 seyn, mithin hier 0,25 Cub. Z. welches für den Querschnitt einer 9 Z. langen Röhre 4 Quadratlinien giebt. Gläserne Werkzeuge lassen sich nicht nach genauen Dimensionen verfertigen, und es ist daher am befsten, die Theile in gehöriger Proportion nach dem Augenmafse zusammenzusetzen, die Röhre etwas länger zu lassen, als sie bleiben soll, und so viel Quecksilber hineinzugiefsen, dafs das Instrument bei der gewählten Normaltemperatur in reinem Wasser bis an den Anfang der Röhre einsinkt. Alsdann wiege man das ganze Instrument, vermehre das Gewicht desselben um eine der Ausdehnung der Scale proportionale Menge (in dem gegebenen Beispiele im Verhältnifs von 1: 1,5), tauche es abermals ein, und bezwecke den Punct des Einsinkens, so sind Länge der Scale und ihre Endpuncte bestimmt, und es kommt dann nur darauf an, diese zu theilen, wozu unter den angegebenen Methoden blofs die Brissonsche als richtig angewandt werden kann. Weit leichter und sicherer aber ist folgende *allgemeine Vorschrift.* Man verwandele den Raum des Aräometers nach dem bekannten Verhältnisse des Gefäfses zur Röhre (im gegebenen Beispiele 2:1) in eine Röhre von der Weite des Halses, und trage die Länge derselben auf eine gerade Linie von A nach B, die Länge der Scale allein aber von A bis D. Auf die Enden der Linie fälle man die Perpendikel CE, GF, Fig. 66.

[1] Vergl. eine weitere Untersuchung dieses Gegenstandes unten.

Digitized by Google

trage von B nach C so viele gleiche Theile auf, als worin man die Aräometerscale theilen will, z. B. 100 oder 1000, und von B nach E so viele von diesen Theilen, als die Scale enthalten soll, (das gewählte Beispiel fordert 50, die Figur enthält 100, wovon allezeit die fünfte wirklich gezogen ist), ziehe durch die Theilungspuncte Parallelen mit AB, fange mit 0 bei C an, und schreibe die Theile, wie die Figur zeigt, ziehe die geraden Linien von C bis A u. s. w. bis F; so geben die Durchschnittspuncte der Linie AB die Grade der Scale nach den spec. Gew. Denn wenn das Aräometer in reinem Wasser bis A, in einer schwereren Flüssigkeit bis 1,10 einsinkt, so verhalten sich ihre spec. Gew. wie B 1,10 zu BA, welches nach der Construction dem Verhältnisse CB: C 1,10 = 1,00: 1,10 gleich ist. Man kann die Construction jenseits der Puncte A und D nach Belieben fortsetzen, wie denn die Figur die Grade von 0,7 bis 2,0, also für alle Flüssigkeiten von der Naphtha bis zur Schwefelsäure enthält.

Die Construction läfst sich auf folgende Weise allgemein machen. Man trage die auf der Linie KB gefundenen Theile auf die ihnen zugehörigen Parallelen, ziehe durch die erhaltenen Puncte eine Curve LM, so ist dieses die *aräometrische Scalenlinie*, wobei die auf CE getragenen Theile die Abscissen, die Längen der Parallelen die Ordinaten sind, indem jene die spec. Gew., diese die eingetauchten Volumina des Aräometers ausdrücken. Nennt man CB, die Dichtigkeit des Wassers, = a, den im Wasser eingetauchten Theil AB = b, die veränderliche Abscisse x, die Ordinate y; so ist $x : a = b : y$ also $y = \frac{ab}{x}$. Da der Zuwachs der Ordinaten die Aräometergrade ausdrückt, so nenne man diesen Δy, den ihm zugehörigen Zuwachs der Abscisse Δx, so ist, weil das einsinkende Volumen des Aräometers dem spec. Gew. der Flüssigkeit umgekehrt proportional ist; $y : y - \Delta y = x + \Delta x : x$, woraus $\Delta y = \frac{y \Delta x}{x + \Delta x}$, und für y seinen Werth $\frac{ab}{x}$ gesetzt, $\Delta y = \frac{ab \Delta x}{x(x + \Delta x)}$

Digitized by Google

wird. Für verschwindende Differenzen wird hieraus $dy = \frac{abd\,x}{x^2}$.

Nach diesen Formeln lassen sich auch ohne die vorher angegebene lineare Construction Aräometerscalen theilen. Will man z. B. von 1,00 bis 0,80 die Scale in 1000 Theilen angeben, so mufs man Am so grofs entwerfen, dafs man Tausendtheile der Linie AB darauf messen kann. Aus der Gleichung für Δy, welche nun $= \frac{\Delta x}{1+\Delta x}$ wird, sind dann die Werthe von Δy zu berechnen, indem man Δx nach einander $= 0{,}001$; $0{,}002$ . . . . nimmt. Dann werden nach einem tausendtheiligen Mafsstabe 200 Theile von A nach m aufgetragen, auf die einzelnen Puncte Perpendikel gefället, und auf diesen die gefundenen Werthe von Δy gemessen; so geben die Puncte den gesuchten Theil der aräometrischen Linie An, oder, welches einerlei ist, die Längen der Perpendikel die Grade der Scale. Hierbei genügt es, wenn man die Grade der Scale von 10 zu 10 durch Construction, die übrigen aber durch Interpolation bildet.

Für die wirkliche Ausführung ist noch Folgendes zu berücksichtigen. Die Figur zeigt die Ausdehnung einer Aräometerscale, welche die spec. Gew. von 0,7 bis 2,0 zu messen bestimmt ist. Vorausgesetzt dafs $BA = BC = 1{,}00$ ist, wird aus der Gleichung für Δy, $AK = 0{,}291$, $AH = 0{,}500$, also der ganze Raum der Scale $= 0{,}791$, welches zum Raume der Gefäfse $HB = 0{,}500$ ohngefähr das Verhältnifs von 3 : 2 giebt, und das Aräometer müfste umschlagen, wenn man dasselbe nicht vergröfserte und durch Zugiefsen von Quecksilber in den unteren Raum den Schwerpunct nicht tiefer herabbrächte. Aufser der hieraus entstehenden Unbehülflichkeit würden noch die Grade an den äufsersten Enden sehr ungleich werden, denn wenn man $x = 0{,}7$ und dann $= 2{,}0$ nimmt, und dy nach der Formel hierfür sucht, so ist

für Ersteres $dy = \frac{0{,}001}{0{,}700^2} = 0{,}002041$

für Letzteres $dy = \frac{0{,}001}{2{,}000^2} = 0{,}00025$

wonach die obersten Grade beinahe zehnmal gröfser sind,

Digitized by Google

als die untersten. Wäre die Länge der Scale = 3 Z. so wäre der Raum des Gefäfses, als verlängerte Röhre gedacht, oder DB = 6 Z. also AB = 9 Z. = 0,75 F. und hiernach findet man die wirkliche Gröfse der Grade = dyx 0,75 F. nach den beiden vorstehenden Werthen von dy = 0,00153075 und 0,0001875 F. welche letztere Gröfse, selbst wenn man ihr Zehnfaches nehmen, oder die Scale nur in 100 Grade theilen wollte, unmefsbar ist. Wollte man drei Aräometer, jedes mit einer Scale von 3 Z. Länge verfertigen, wovon das erste von 2,0 bis 1,5; das zweite von 1,5 bis 1; das dritte von 1,0 bis 0,7 die spec. Gew. in Hundertheilen der ganzen Scale mäfsen; so gäbe dieses die Verhältnisse des Raumes der Gefäfse zum Raume der Scalen:

für das erste 0,5 : 1,5 = 1 : 3
für das zweite 0,5 : 1,0 = 1 : 2
für das dritte 0,3 : 0,7 = 3 : 7

und hiernach die Länge AB bei dem ersten = 1 F. die beiden äufsersten Grade aber 0,0025 und 0,0044 F.; bei dem zweiten = 0,75, die äufsersten Grade aber 0,00323 und 0,0075; bei dem dritten aber 0,833... und die äufsersten Grade 0,00833 und 0,017 F. Indem nun der kleinste dieser Grade $\frac{1}{4}$ und der gröfste noch nicht 2 Decimallinien beträgt, die erste Gröfse aber füglich als das Minimum für eine genaue Messung anzusehen ist, so ergiebt sich, dafs man 30 Aräometer haben müfste, jedes mit einer Scale von 3 Z. Länge, wenn man bis Tausendtheile das spec. Gew. genau messen wollte.

Zum praktischen Gebrauche, namentlich auch für Versteuerung und zur polizeilichen Bestimmung, verlangt man häufig, dafs die Aräometerscalen die Procente einer Substanz angeben sollen, welche in einer Mischung enthalten sind, z. B. des Alkohols im Branntwein, des Salzes in der Sole u. s. w. Indem aber die Dichtigkeiten der Mischungen nicht nach einem allgemeinen Gesetze wachsen, so mufs zuvor das Verhältnifs des spec. Gew. zu den Bestandtheilen einer Mischung bekannt seyn[1]. Indem nun die Aräometerscalen für jedes beliebige spec. Gew. zwischen zwei gegebe-

1 S. *Gewicht, specif.*

Digitized by Google

nen Puncten graduirt werden können, so darf man nur diejenigen suchen, welche gegebenen Procenten zugehören, diese auf die Scale zeichnen, und die Procente daneben schreiben. Ist z. B. das spec. Gew. des Wassers bei einer bestimmten Temperatur = 1, einer Mischung von Wasser und 0,05 Alkohol = 0,9919, für 0,1 Alkohol = 0,9857, für 0,15 Alkohol = 0,9802 u. s. w., so bestimmt man auf der Aräometerscale die Grade 1; 0,9919; 0,9857; 0,9802... und schreibt daneben 0; 5; 10; 15... um durch diese Zahlen die Procente auszudrücken. Sind auf diese Weise die Procente des Alkohols im Branntwein gefunden, so ist es leicht, hiernach die aliquoten Theile des Inhalts, z. B. die Mafse in einem Ohm, oder die Quartiere in einem Anker u. s. w. zu berechnen und auf der Scale anzugeben. Endlich ist es auch nicht schwierig, nach einer einmal berechneten Eintheilung einer Aräometerscale eine jede andere von gegebener Länge zu theilen. Zu diesem Ende trage man die nach der oben gegebenen Anweisung richtig getheilte Scale AH ganz oder zum Theil auf Papier, beschreibe über dieser Grundlinie AB ein gleichschenkeliges Dreieck, ziehe aus dem Puncte C durch die Theilungspuncte Linien von willkührlicher Länge, und eine beliebige Menge Parallellinien mit AB. Sind alsdann die Endpuncte eines Aräometers durch Einsenken in Wasser und eine andere Flüssigkeit von bekanntem spec. Gew. gefunden, so trage man diese auf die für dasselbe bestimmte Scale, lege letztere auf diejenige Parallellinie, deren Enden mit den beiden festen Puncten zusammenfallen, und trage nach den diese schneidenden Linien die einzelnen Grade auf. Fig. 67.

Diese eben so umfassende, als gehaltvolle Untersuchung ist nicht einmal in Deutschland überall hinlänglich bekannt und praktisch angewandt worden, viel weniger in Frankreich, indem man in beiden Ländern vorzugsweise das Baumé'sche Aräometer zu gebrauchen fortfuhr. Mit Recht sagte daher Barré d' Orleans[1], die Aräometrie sey noch in der Kindheit, wenn man die gebräuchlichen Werkzeuge (hauptsächlich von Baumé und Cartier) als die einzige Frucht

1 J. de Ph. LVII. 433.

der angewandten Bemühungen betrachte. Er erläutert dann zuerst die Grundsätze, wonach die Aräometerscalen getheilt werden müssen, und zeigt eine Methode, dieses auszuführen. Indem aber beides minder präcis und praktisch anwendbar ist, so mag es genügen, die von ihm angegebene Scale neben der von Baumé und Cartier aus der Ansicht der Zeichnung kennen zu lernen. Uebrigens gesteht auch Barré d'Orleans, dafs eine Eintheilung der Aräometerscalen in solche Grade, wonach man die spec. Gewichte bis auf Tausendtheile bestimmen könnte, unter die Unmöglichkeiten gehört. Die vom Mechanicus Lanier[1] später bekannt gemachten allgemeinen *Hydrometer* sind nach dieser Vorschrift verfertigt.

Fig. 68.

Sollten künftig richtige Aräometer allgemein eingeführt werden, so wird man sich mit Recht wundern, dafs auch diese auf wahre Principien gegründete und nicht eben schwierige Anweisung zur Construction derselben, die offenbar falschen Instrumente zu verdrängen nicht vermochte, vielmehr kaum beachtet wurde. Delezennes[2] fordert daher noch neuerdings abermals die Gelehrten auf, sich zur Construction richtiger Aräometer zu vereinigen, und die öffentlichen Behörden, diese bei der Erhebung der Steuern und im Handel in Anwendung zu bringen. Obgleich die Untersuchung von Schmidt alles enthält, was man in dieser Hinsicht für Theorie und Praxis zu wissen nöthig hat, so findet sich doch Einiges in Delezennes gründlicher Abhandlung, was theils die Uebersicht des Ganzen erleichtert, theils die Genauigkeit, Fehlergrenze und den Umfang der Aräometer dieser Art anschaulich macht, weswegen bei einem so wichtigen und allgemein gebräuchlichen Instrumente die Hauptsache hier erörtert werden möge, indem ohnehin manche vielleicht lieber nach dieser letzteren Methode rechnen und construiren wollen.

Ein für alle Flüssigkeiten anwendbares Aräometer müfste eigentlich die schwersten und leichtesten messen, und daher die Differenzen des spec. Gew. von 0,7 bis 2 umfassen.

---

1 J. de Ph. LXXV. 189.

2 J. de Ph. XCIV. 204.

Digitized by Google

Der Unterschied beider ist 1,3; hiervon der hundertste Theil 0,013, der Unterschied also 0,003, und die Scale mufs demnach zum mindesten in 400 Grade getheilt werden, wovon der kleinste nicht gut weniger als $1^{mm} = (0,4433\ L.)$ die ganze Länge der Röhre also $40^{cm} = (3,7065 Z.)$ und der Durchmesser $5^{mm} = (2,2165 L.)$ halten kann. Ist hiernach also das abso- Fig. lute Gew. des Aräom. $BG = P$; die Dichtigkeit der Flüssigkeit 69. beim Einsinken desselben bis C, E, F $= D, \delta, d$; die Zahl der Grade von F bis C, von F bis E, von E bis C $= m, n, n'$; der Radius der Röhre r; das Volumen von B bis CD $= \nu$;

so ist $\nu D = P$;

$\nu\delta + \pi r^2 n'\delta = P$;

$\nu d + \pi r^2 n' d + \pi r^2 n d = P$.

Indem nun $n + n' = m$; so ist $\nu = \pi r^2 m \frac{d}{D-d}$;

$\delta = \frac{mDd}{n'D+nd}$; $n' = \frac{(D-\delta)d}{(D-d)\delta} m$.

Setzt man $m = 40^{cm}$ $D = 2$; $d = 0,7$; $r = 0,25$; so wird

$\nu = 4,229$ Cub. Centim.

$\nu D = P = 8,458$ Gram.

$\pi r^2 m = 7,854$ Cub. Centim.

$\nu + \pi r^2 m = 12,083$ Cub. Centim.

Indem also die Röhre von der angegebenen Länge oder von 7,854 Cub. Cent. Inhalt 8,458 Gramme wiegt, das ganze Aräometer aber 12,083 Cub. Cent. Inhalt hat, und auf allen Fall über 8,46 Gramme wiegt, so wird dieses auch in einer Flüssigkeit vom spec. Gew. $= 2$ sich nicht bei DC halten können, sondern umschlagen, und wenn es zu stark beschwert wird, über den Punct DC einsinken. Ein allgemeines Aräometer ist daher unmöglich. Es ergiebt sich aber bald, dafs man vier Scalen haben müfste, wovon eine jede 100 Grade enthielte. Nimmt man die beiden äufsersten Dichtigkeiten $= 0,7$ und 2, und sucht hieraus denjenigen Grad, welcher der Dichtigkeit des Wassers $= 1$ zugehört, so findet man aus $n' = \frac{(D-\delta)d}{(D-d)\delta} = 215°,384$ als denjenigen Grad des in 400° getheilten allgemeinen Aräometers, wel-

Digitized by Google

cher der Dichtigkeit des Wassers zugehört. Will man aber die Dichtigkeit des Wassers an das Ende der einen Scale bringen, und sucht deswegen das Verhältnifs zwischen d und D, indem die 400 Grade der Universalscale auch andere Werthe als 0,7 und 2 umfassen können, so findet man $\frac{200}{400} = \frac{(D-1)d}{(D-d).1}$; oder $D + d = 2\,Dd$. Behält man dann den Werth von $D = 2$ bei, so wird $d = \frac{2}{3} = 0{,}6666\ldots$ welches nicht weit von 0,7 abweicht. Dieses gäbe also für die den Graden 0, 100, 200, 300, 400 der Scalen zugehörigen Dichtigkeiten die Werthe $\frac{2}{3}$, $\frac{4}{5}$; 1; $\frac{4}{3}$; 2. Die erste Scale gäbe also die Dichtigkeiten von 0,6666.... bis $\frac{4}{5} = 0{,}8$, welche von der Dichtigkeit = 0,81118562 des absoluten Alkohols [1] nach Versuchen von Delezennes wenig abweicht, die zweite ginge bis zur Dichtigkeit des Wassers, die dritte bis 1,3333... und wäre zum Messen der Salzlösungen, der vegetabilischen und animalischen Säuren brauchbar, die vierte aber umfafste die Dichtigkeiten von 1,333... bis 2, und diente für concentrirte mineralische Säuren. Das Verhältnifs der Scalenlängen, oder $v : \pi r^2 m$ wäre hiernach 5; 4; 3; 2 und die Dichtigkeiten müfsten nach der allgemeinen Formel $\delta = \frac{400}{600 - n} = \frac{400}{200 + n'}$ für die Werthe von n und n' berechnet und in einer Tabelle zusammengestellt werden, welche sich in der Abhandlung vollständig findet.

Hiernach müfste man indefs allezeit diese Tabelle gebrauchen, wenn man aus den Graden des Aräometers das spec. Gew. einer Flüssigkeit bestimmen wollte, eine Weitläuftigkeit, welche die hiernach construirten Instrumente minder brauchbar macht, als die nach der von Schmidt angegebenen Methode. Es würde daher überflüssig seyn, den Calcul hier aufzunehmen, wodurch Delezennes zeigt, dafs der statische Einfluss der Luft nicht in Betrachtung kommt, wenn man das spec. Gew. der Flüssigkeiten bis

1 Lowitz fand das spec. Gew. = 0,7939 bei 15,°5 C. Da die Ausdehnung des absoluten Alkohols 0,000846 seines Volumens für 1° C. beträgt; (S. *Ausdehnung*) so würde sein spec. Gewicht bei 0° = 0,80431 seyn, welches der angegebenen Gröfse ziemlich nahe kommt.

Digitized by Google

auf 0,001 genau bestimmen will. Auch die mitgetheilte Anweisung zur Verfertigung solcher Werkzeuge ist für gewöhnliche Künstler zu schwierig, beruhet übrigens auf bekannten Principien.

Eine ausführliche Untersuchung über die Construction der Aräometer, welche die Menge des Alkohol's in 100 Mafs einer gemischten Flüssigkeit angeben, also der eigentlichen *Alkoholometer* hat Tralles in nächster Beziehung auf die zu entrichtenden Abgaben geliefert. Zuerst nahm er zu diesem Behufe das spec. Gew. des reinen Alkohohol's bei 60° F. oder $12\frac{4}{9}$ R. = 15,555.... C. = 0,8 an[1], nachher aber = 0,7939, weil er von diesem Gewichte rein durch Lowitz, Richter, Chaussier, Rose u. a. dargestellt war, des Wassers aber = 0,9991[2]. Zur Bestimmung des spec. Gew. des absoluten Alkohol's und der Mischungen desselben mit Wasser zu 1 bis 100 Pc. wurden neue Versuche mit solchem angestellt, welchen Rose für diesen Zweck besonders rectificirt hatte, die Resultate mit den bekannten Londonern, durch Gilpin erhaltenen, verglichen[3], und diese nebst den zugehörigen Procenten des Alkoholgehaltes in Tabellen gebracht. Hiermit verbindet Tralles Tabellen über die Ausdehnung sowohl der Flüssigkeiten als auch des Körpers des Alkoholometers durch die Wärme, und zeigt ausführlich, wie man diese zur Bestimmung der Mengen des absoluten Alkohols in einer gegebenen Mischung benutzen kann. Um hiernächst Alkoholometer vorzüglich für den Gebrauch des Handels und der Accise zu verfertigen, dient folgende Tabelle, deren erste Columne den Alkoholgehalt in Hunderttheilen des Mafses des Ganzen, die zweite die Länge enthält, welche von der Scale in die Mischung einsinkt.

---

1 Hermbstädt's Bülletin des Neuesten und Wissensw. in Chemie und Physik. IV. 285.

2 Ausführlich finden sich diese Untersuchungen in G. XXXVIII. 349—431. Nach der unter dem Art. *Ausdehnung* befindlichen Tabelle ist die Dichtigkeit des Wassers bei 15,5 C. = 0,99923, den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4,°4 = 1 gesetzt.

3 Phil. Trans. LXXXIV. 275.

Digitized by Google

PC.	L.	PC.	L.	PC.	L.	PC.	L.
0	9	26	321	51	735	76	1443
1	24	27	332	52	758	77	1478
2	39	28	344	53	782	78	1514
3	54	29	355	54	806	79	1550
4	68	30	367	55	830	80	1587
5	82	31	380	56	854	81	1624
6	95	32	393	57	879	82	1662
7	108	33	407	58	905	83	1701
8	121	34	420	59	931	84	1740
9	133	35	434	60	957	85	1781
10	145	36	449	61	984	86	1823
11	157	37	465	62	1011	87	1866
12	169	38	481	63	1039	88	1910
13	180	39	498	64	1067	89	1955
14	191	40	515	65	1096	90	2002
15	202	41	533	66	1125	91	2050
16	213	42	551	67	1154	92	2099
17	224	43	569	68	1184	93	2150
18	235	44	588	69	1215	94	2203
19	245	45	608	70	1246	95	2259
20	256	46	628	71	1278	96	2318
21	266	47	648	72	1310	97	2380
22	277	48	669	73	1342	98	2447
23	288	49	690	74	1375	99	2519
24	299	50	712	75	1409	100	2597
25	310						

Das schon fertige Aräometer wird dann bei 12 $\frac{4}{9}$° R. in reines Wasser getaucht, und der Punct, bis auf welchen es einsinkt, bezeichnet, dann in eine Mischung von Alkohol und Wasser, deren spec. Gew. genau ausgemittelt ist, bei gleicher Temperatur, und auch der Punct, bis auf welchen es dann einsinkt, bezeichnet. Das spec. Gew. der Mischung giebt nach einer Tabelle[1] die Procente des Alkohols an, und somit die vorstehende Tabelle die Menge der Theile, worin die Länge der Scale zwischen den beiden auf die angegebene

1 Solche finden sich unter dem Art. *Gewicht. spec.*

Digitized by Google

Weise erhaltenen Puncten getheilt werden mufs. Wäre z. B. das spec. Gew. der Mischung bei der angegebenen Temperatur = 0,8817 die des Wassers bei der nämlichen Temperatur = 0,9991 gesetzt, so gehört diesem ein Alkoholgehalt von 73 Mafs in Hunderten der Mischung zu. Die vorstehende Tabelle giebt

Für 73 Mafs	—	—	1342
Für 0	—	—	9
Länge des Zwischenraums			1333 Theile,

wonach dann die ganze Scale getheilt werden kann, vorausgesetzt, dafs die Röhre vollkommen cylindrisch ist; denn im entgegengesetzten Falle müfsten mehrere Puncte bestimmt, und auf diese Weise die Scale durch Näherung möglichst richtig getheilt werden. Beim Gebrauche eines solchen Alkoholometers ist unumgänglich erforderlich, dafs die Flüssigkeit genau die Temperatur von $12\frac{4}{9}$° R. habe, welche man indefs im Sommer durch Hinsetzen in frisches Wasser tiefer Brunnen, oder in hinlänglich tiefe Keller, im Winter aber in geheizten Zimmern erhalten kann, und es scheint daher überflüssig, auch diejenigen Tabellen, worin Tralles[1] die für andre Temperaturen erforderlichen Correctionen berechnet hat, hier hinzuzufügen.

Neuerdings ist die Aräometrie ausführlich bearbeitet durch Meissner[2]. Dieser findet die Schwierigkeiten, welche der Construction genau Aräometer entgegenstehen, hauptsächlich in der nicht völlig cylindrischen Form der Glasröhren (welche zwar allerdings nicht so leicht, aber doch bei sorgfältiger Auswahl für die erforderliche Länge der Scale von richtigem Caliber zu erhalten sind). Sind die zu Aräometern zu wählenden Röhren nicht cylindrisch, so soll der Fehler in der Scale corrigirt werden, wozu aber Meifsner keine specielle Anweisung mittheilt. Die statt der gebräuchlichen Beaumé'schen von ihm empfohlenen Aräometer sind der Form nach die Richterschen, die Scale aber soll nach Brisson's Methode getheilt werden, und von die-

1 a. a. O. 420 ff.

2 Die Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik von P. T. Meifsner. Wien 1816. fol.

Digitized by Google

ser Art empfiehlt er zuerst ein allgemeines Aräometer, welches in zwei Exemplaren die spec. Gew., eins von 0,7 bis 1,0; das andere von 1,0 bis 2,0 in Tausendtheilen[1] angeben soll; dann besondere Aräometer, welche die Procente einer Substanz in einer gemischten Flüssigkeit bestimmen. Letztere lassen sich, wie von selbst klar ist, leicht vervielfältigen; Meifsner beschreibt indefs blofs einen *Schwefelsäure- Salpetersäure - Salzsäure - Ammoniak* und *Alkohol*- Messer, und giebt die zu ihrer Construction erforderlichen Tabellen, meistens nach eigenen Versuchen entworfen[2].

In England bediente man sich im Allgemeinen ähnlicher Aräometer, welche man den verschieden schweren Flüssigkeiten dadurch anzupassen suchte, dafs die Stiele mit ungleichen aufgesteckten Gewichten beschwert wurden, deren Zahl sich auf nicht weniger als 36 belief, aber nach Blagden's Vorschlage bis auf 10 vermindert wurden[3]. Es versteht sich übrigens nach dem Gesagten von selbst, dafs das spec. Gew. der Flüssigkeiten den Graden der Scale blofs für *ein* Gewicht, aber nicht für *mehrere* proportional seyn kann, wenn man nicht für die verschiedenen Gewichte eigene Tabellen berechnet, und aus diesen die spec. Gew. nach den Graden, bis zu denen sie einsinken, findet.

Eins der ältesten dieser Art wurde von Dr. Clarke vorgeschlagen und für Spiritus von Kupfer verfertigt. Auf der Röhre befand sich ein Zeichen für probehaltigen Spiritus, aufserdem aber nur ein Strich über und einer unter demselben, wobei anderweitige Modificationen durch Auflegegewichte erhalten wurden[4]. Desaguliers[5] wollte die Werkzeuge dieser Art auf den höchsten Grad der Genauigkeit bringen, und gab ihnen daher einen hohlen Glascylinder von 3 Z. Durchmesser und eine Röhre von $\frac{1}{40}$ Z. Durchmesser in Zehntel eines Zolles getheilt, so dafs jeder dieser Theile

1 Die Unmöglichkeit hiervon ergiebt sich aus dem Obigen.

2 Hierüber, desgleichen über andere Vorschläge, als v. Arnim's *Mikroaräometer* u. a. weitläuftiger zu handeln würde zweckwidrig seyn.

3 Tralles bei G. XXXVIII. 410.

4 Phil. Trans. abr. VII. 392.

5 Course of Experimental Philosophy. 1734. 2. vol. 4. II. 234.

Digitized by Google

dem 40000sten Theile des Ganzen entsprechen sollte. Ein Vorschlag von DE LÜC [1] zur Verfertigung vergleichbarer Aräometer scheint überall nicht sehr beachtet zu seyn, und weicht im Wesentlichen nicht von dem allgemein Bekannten ab. Eben dieses ist der Fall mit einem Aräometer von RAMSDEN [2], welches derselbe zur Bestimmung der Accise von geistigen Getränken construirte. In der Hauptsache ist dasselbe den gemeinen Werkzeugen dieser Art gleich, und hat eine in gleiche Grade getheilte Scale, unterscheidet sich aber dadurch vortheilhaft, dafs sich in der, den Senker bildenden Glasröhre ein Thermometer zur Bestimmung der jedesmaligen Temperatur befindet, wie der Durchschnitt desselben zeigt. Die obere Röhre hat eine so getheilte Scale, dafs die 0 in der Mitte das spec. Gew. des Probespiritus bei 60° F. zeigt, und sich dann 50 Grade über und 50 Grade unter diesem Puncte befinden. Das Thermometer in der unteren weiten Röhre hat an der einen Seite die Scale nach F., an der andern eine von 60° F. an nach oben und unten getheilte Scale, welche die dem Stande des Thermometers zugehörigen Zehntheile anzeigt, die der oberen Aräometerscale zugesetzt oder von ihr abgezogen werden müssen. Fig. 70.

Das Gebräuchlichste, für die Erhebung der Accise eingeführte ist von ATKINS [3], eigentlich ein Alkoholometer nach Mafsen in einer gegebenen Quantität, indem diese durch den Grad, bis auf welchen das Aräometer einsinkt, nach einer eigends hierfür verfertigten, verschiebbaren Tabelle angegeben werden. Das Aräometer selbst ist von Messing 8 Z. lang, mit einer elliptischen Kugel von 2 Z. Länge und 1,5 Z. Durchmesser, der Stiel viereckig, $\frac{1}{8}$ Z. breit, und zunächst nur für geistige Flüssigkeiten, leichter als Wasser, bestimmt. Das Instrument wiegt ohngefähr 400 Gr. hat 4 auf den Stiel zu schiebende Gewichte, welche 20, 40, 61 und 84 Gr. wiegen. Auf der einen Seite der Scale befinden sich die 26 Buchstaben des Alphabets und 0, auf der andern eine Fig. 71. Fig. 72.

1 Phil. Trans. LXVIII. 500.

2 An Account of Exper. cet. Journ. de Ph. XL. 432.

3 Eine Beschreibung desselben giebt Fletscher in Nicholson's Journ. 1802. Aug. und hieraus Lüdike bei G. XXXVIII. 432.

Digitized by Google

Eintheilung in 55 Theile, deren Zahl durch die hinzukommenden 4 Gewichte bis 272 gebracht, und somit die Länge des Sticles verfünffacht wird. Unbeschwert zeigt es die spec. Gew. von 0,806 bis 0,843, mit dem Gewichte No. 1 von 0,843 bis 0,880, mit No. 2 von 0,880 bis 0,918, mit No. 3 von 0,918 bis 0,958 und mit No. 4. von 0,958 bis 1,000. Die einzelnen Striche der Theilung geben $\frac{1}{2}$ pCt. der Mischung, oder 2 Quart in 100 Gallonen an, wobei man sich der hierzu nach den Gilpinischen Versuchen entworfenen, und mit einer Correction für die Temperatur versehenen Tabellen bedient, indem das Werkzeug für 55° F. verfertigt ist. A. Ainger hat diese Tabellen in grofser Ausdehnnng auf einen Mafsstab gebracht [1].

In Italien bedient man sich des gemeinen Aräometers, *Idrometro* genannt, welches eine hunderttheilige Scale hat, im Wasser bis 87 und im Weingeist bis 100 einsinkt. Indefs sind dort auch die englischen Alkoholometer mit Gewichten und die französischen bekannt [2]. Eine ausführliche Untersuchung, welche Bellani [3] über die Aräometer mit festen Scalen, vorzüglich das Baumé'sche und Cartier'sche anstellt, wobei er im Wesentlichen mit Richter übereinstimmt, enthält nichts wesentlich Neues, und bleibt hinter denen anderer Gelehrten zurück.

Aufser den schon genannten haben mehrere französische Gelehrte Vorschläge zur Construction der Aräometer und ihrer Verbesserung gethan, wovon etwa die folgende Beachtung verdient. Lavigne von Montpellier zeigte 1811 ein Alkoholometer, welches bei einer gewissen Temperatur vermittelst beigegebener Tabellen den Alkoholgehalt in Branntwein nach Procenten angiebt, und wofür ihm nach einer Prüfung desselben durch Vauquelin Chaptal und Berthollet

1 Repertory of Arts, Manufactures and Commerce. 1823. Dec. Wie allgemein dieses Werkzeug eingeführt ist, kann ich nicht bestimmen. J. Smith in Panorama of Science and Art cet. II. p. 88. erwähnt blofs das gemeine Alkoholometer.

2 Elementi di Fisica sperimentale di Giuseppe Saverio Poli. Venezia 1817. II. 193.

3 Bibl. univ. XXIV. p. 116 und 176.

Digitized by Google

eine Belohnung von 3000 Fr. bewilligt wurde [1]. Die Construction desselben ist nicht genauer angegeben.

Unter diese, nach der allgemeinen Formel $D:d = v:V$, construirten Aräometer mufs auch der Apparat gerechnet werden, welchen Musschenbroek [2] zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten in Vorschlag bringt. Diese einfache Vorrichtung besteht blofs aus einem Heber mit einer Ansatzröhre, vermittelst deren die ungleichen Flüssigkeiten durch Saugen zu verschiedenen Höhen ansteigen werden, deren Mafs dann ihr spec. Gew. giebt. Scannegatty [3] giebt als Verbesserung an, man solle neun Röhren oben in einen gemeinschaftlichen messingenen Canal fassen, unten in Gefäfse mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt, eintauchen, dann die Luft in der oberen Röhre vermittelst einer Saugpumpe verdünnen, und durch den gleichen Luftdruck die ungleich schweren Flüssigkeiten zu einer ihrem spec. Gew. umgekehrt proportionalen Höhe heben, welche an einer seitwärts befindlichen Scale gemessen wird. So construirt nannte er das Werkzeug *Hygroklimax*. Zur Vermeidung der Erschütterung beim Exantliren vermittelst der Luftpumpe am oberen Theile des Apparats räth Lichtenberg [4] eine luftleere Kugel mit einem Hahn aufzuschrauben, und hiermit die erforderliche Verdünnung zu bewerkstelligen. Man sieht bald, dafs das Werkzeug für seinen Zweck viel zu sehr zusammengesetzt ist, und keineswegs hinlänglich genaue Bestimmungen gewährt.

Fig. 73.

Fig. 74.

Ganz kürzlich im Jahr 1819, kündigte C. A. Mester ein allen Forderungen völlig genauen Bestimmung der spec. Gew. entsprechendes Werkzeug, unter dem Namen *Panydrometer* an, welches bei seinem Erscheinen sich als eine Verbesserung des Musschenbroek'schen zeigte. Dasselbe besteht aus zwei Glasröhren, oben in eine messingne, durch Sau-

---

1 Archives des decouvertes et des inventions nouvelles cet. Par. 1812. p. 269.

2 Introd. ad phil. nat. II. §. 1395.

3 J. de Ph. XVII. 82. Goth. Mag. I. 45. Achard Vorlesungen über die Experimentalphysik. I. 164.

4 Goth. Mag. I. 47.

Digitized by Google

gen luftleer zu machende, und vermittelst zweier Hähne abzuschliefsende Vorrichtung gefafst. Nach der Oeffnung des untern Hahnes steigt durch den Luftdruck in die eine Röhre destillirtes Wasser, in die andere die zu prüfende Flüssigkeit, und der an feinen Scalen gemessene Unterschied giebt das spec. Gew. oder das Mischungsverhältnifs. Die unvermeidliche Feinheit der Scale, der Einflufs der Capillarität und die Elasticität der aus vielen Flüssigkeiten gebildeten Dämpfe machen neben andern, in der Natur der Sache liegenden, Mängeln das Werkzeug für genaue Versuche unbrauchbar [1].

Alle bisher beschriebenen Aräometer sind nach der Formel D : d = v : V construirt. Die zweite, anfangs angegebene, Formel, nämlich D : d = P : p liegt bei zwei anderen Arten von Aräometern zum Grunde, deren erstere: *Aräometer mit Gewichten*, und durch Guyton [2]: *Gravimeter* genannt sind. Sie haben keine feste Scale, sondern das spec. Gew. der Flüssigkeiten wird aus dem verschiedenen Gewichte eines einsinkenden Körpers von gleichem Volumen bestimmt. Ein Werkzeug dieser Art brachte schon Moncony, Arzt in Lyon († 1665) in Vorschlag [3], später Feuillée [4] und Leutmann [5]. Allein die von den beiden ersteren empfohlenen Aräometer, bei welchen die gewöhnliche Form und feste Scalen beibehalten, aber Ringe oder durchbohrte Bleche auf den Stiel gesteckt werden sollen, gleichen mehr den oben beschriebenen englischen, und dahin neigt sich auch der Vorschlag Leutmann's, die Gewichte in die offene Röhre des Aräometers zu werfen. Weit vorzüglicher dagegen ist die Einrichtung der durch Fahrenheit verfertigten Aräometer, indem dieser den dünnen und kurzen Stiel der damals gebräuchlichen mit einem Schälchen versah, auf welches die kleinen Gewichte gelegt werden konnten, um sie bis an einen gewissen Punct der dünnen Röhre einsinken

1 Archiv des Apothekervereins im nördlichen Teutschland. Bd. II. Hft. 2. p. 143.

2 Ann. de Chim. XXI. 7. Gren N. J. IV. 370.

3 Leupold Theat. stat. II. §. 28.

4 Ebendas. §. 29. Journ. des observat. de Phys. Par. 1714. 4.

5 Com. Pet. V. 273.

Digitized by Google

zu machen[1]. Das Instrument wurde dann empirisch so ver- Fig.
fertigt, dafs es nach dem Einlegen eines unbestimmten Ge- 75.
wichtes in das Schälchen B in reinem Wasser bis an das kleine Knöpfchen b einsank, das Ganze dann gewogen, und das gefundene Totalgewicht dem Wasser als Einheit gleich gesetzt. Durch eine leichte Rechnung wird dasselbe dann für leichtere und schwerere Flüssigkeiten, als das Wasser ist, anwendbar. Wiegt z. B. das Instrument 496 Gr. und sinkt im Regenwasser mit 32 Gr., in Salzwasser mit 64 Gr., in Branntwein mit 8 Gr. bis an das Knöpfchen ein, so ist das Gewicht der Salzsole $= \frac{496+64}{496+32} = 1{,}060$, des Branntweins $= \frac{496+8}{496+32} = 0{,}9545\ldots$

G. G. Schmidt gab diesem Instrumente eine verbesserte Einrichtung, und liefs diese durch den geschickten Künstler Ciarcy ausführen[2], so dafs seit jener Zeit dasselbe unter dem Namen des Fahrenheitschen Aräometers, verbessert durch Schmidt und Ciarcy bekannt ist. In der ursprünglichen Gestalt nämlich gab das Werkzeug nicht alle spec. Gew. der Flüssigkeiten von der leichtesten bis zu den schwersten an, und erforderte eine Berechnung. Um beides zu vermeiden, wurden anfangs zwei zusammengehörige Exemplare verfertigt, wovon das eine 800 halbe Grane cöln. wog, und durch aufgelegte Gewichte bis 1200 halbe Grane gebracht werden konnte, das andere aber 1200 halbe Gr. und bis 2000 gebracht wurde. Besser verfertigt man sie so, dafs an den nämlichen birnförmigen Körper A zwei verschiedene glä- Fig.
serne, mit Quecksilber gefüllte Gefäfse a angehängt werden, 76.
mit welchem einem das Ganze 700 halbe Gr. cöln., mit dem andern aber 1200 halbe Gr. cöln. wiegt. Legt man bei dem kleineren dann 300 halbe Gr. in das Schälchen B, so sinkt es bei der normalen Temperatur (15° R.) in reinem Wasser genau bis an das Knöpfchen b des sehr dünnen Stieles ein, und giebt somit dessen spec. Gew. unmittelbar ge-

1 Phil. Tr. XXXIII. 140.

2 Gren J. VII. 186. Ciarcy Beschreib. des allgem. Aräometers. Giefs. 1793. 8.

Digitized by Google

nau = 1000 oder = 1,000, und somit wird das spec. Gew. jeder anderen Flüssigkeit durch das absolute Gewicht des Werkzeuges und der zugelegten Gewichttheile ausgedrückt. Erfordert z. B. eine Flüssigkeit nur 125 Gewichtstheile, damit das mit dem kleineren Quecksiberschälchen beschwerte Aräometer bis an den Punct b einsinke, so ist ihr spec. Gew. = 700 + 125 = 825 oder = 0,825; erfordert eine andere dagegen, wenn das Aräometer mit dem gröfseren Quecksilbergewichte beschwert ist, 575 zugelegte halbe Grane, so ist ihr spec. Gew. = 1200 + 575 = 1775 oder 1,775, wobei sich versteht, dafs die Normaltemperatur genau beachtet, und nach einem zum Apparate gehörigen Thermometer bestimmt werde [2]. Uebrigens ist klar, dafs man aufser dem angegebenen Gewichte von halben Granen cölnisch jedes andere beliebige wählen, dieses in 700 und gleiche 1200 theilen, dann noch 300 und 800 andere gleiche Gewichttheile zum Auflegen verfertigen könne, um die Bestimmungen des spec. Gew. der Flüssigkeiten mit gleicher Genauigkeit zu erhalten. Uebrigens ist es auch nicht durchaus nothwendig, dafs das Instrument genau 700 und 1200 Gewichtstheile schwer sey, indem Messung und Rechnung auf gleiche Weise genau wird, wenn dasselbe z. B. mit dem kleineren Quecksilbergefäfse beschwert nur 655 oder 725 Gewichttheile wiegt, und im ersteren Falle mit 345, im andern mit 275 Gewichttheilchen beschwert bis an das Knöpfchen b einsinkt. Man kann dasselbe hiernach ferner auch sehr klein machen, wenn es zur Bestimmung der spec. Gew. geringer Quantitäten von Flüssigkeiten dienen soll. Die birnförmige Gestalt endlich gewährt den Vortheil, dafs wegen des angehängten schweren Gewichtes und des dünnen Glaskörpers der Schwerpunct des Instruments tief, der Schwerpunct des aus der Stelle getriebenen Wassers aber höher zu liegen kommt, wonach auch bei oben aufgelegten Gewichten ersterer unter dem letzteren bleibt, so dafs das Instrument nicht umschlagen kann.

---

2 Ueber die wegen Temperaturdifferenz erforderliche Correction S. *Gewicht, specifisches.* Vergl. *Ausdehnung.*

Digitized by Google

Ein auf die angegebene Weise construirtes Aräometer ist vollkommen hinreichend zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten, indem diese stets nur im Verhältnifs zum Wasser als Einheit gesucht wird. Wäre dieses nicht, so würden alle spec. Gewichte zu klein gefunden werden, weil das absolute Gewicht des Aräometers zu geringe ist, indem dasselbe in der Luft gewogen so viel von seinem Gewichte verliert, als das durch dasselbe verdrängte Luftquantum, welche Gröfse seinem absoluten Gewichte hinzu addirt werden mufs. Vernachlässigt man hierbei den aërostatischen Einflufs der Luft auf das Hütchen und die Gewichttheile, womit man das Gewicht bestimmt, selbst, welches hauptsächlich rücksichtlich des ersteren um so mehr geschehen mufs, als dasselbe nicht mit ins Wasser getaucht, mithin um den aliquoten Theil stets von der Luft getragen wird; so läfst sich die, aus dem aërostatischen Einflusse erwachsende Correction leicht finden. Ist nämlich das Gewicht des Instrumentes und der zugelegten Gewichttheilchen beim Einsinken desselben in reines Wasser bis an das Knöpfchen p; das spec. Gew. der Luft gegen Wasser mit den erforderlichen Correctionen $= w$ [1], so ist der Gewichtsverlust desselben durch den statischen Einflufs der Luft $= pw$, und es ist also sein absolutes Gewicht nebst dem der Gewichttheile im leeren Raume gewogen, $p' = p(1 + w)$, und da diese Correction jedes einzelne Gewichttheilchen afficirt, so müfsten die 700 Gewichttheilchen des Instrumentes $= 700(1 + w)$ gerechnet, die 300 Zulegewichte aber gleichfalls $= 300(1 + w)$ gerechnet werden, um das spec. Gew. des Wassers zu finden; oder man müfste die Zulegegewichte gehörig verkleineren, so dafs $g' = g(1 - w)$ würde, wonach dann, wenn deren n zum Einsinken erforderlich wären, das spec. Gew. der untersuchten Flüssigkeit $= 700(1 + w) + ng'$ seyn würde [2].

Die Bequemlichkeit dieses, einer solchen Correction übrigens nicht bedürfenden, Instrumentes ist einleuchtend. Um zu bestimmen, bis wie weit dasselbe die spec. Gew. ge-

1 S. *Luft*.

2 Vergl. Biot Traité. I. 415.

Digitized by Google

nau angiebt, dient folgende Betrachtung. Das von Clarcy verfertigte Aräometer wog 500 Gr. cöln.; der par. Cub. Z. Regenwasser wog nach Schmidt $1\frac{5}{76}$ Lt. und 128 Richtpfthle. Erstere Gröfse durch letztere dividirt giebt den Raum des durch das einsinkende Instrument verdrängten Wassers, $= 1{,}55$ Cub. Z. Der tausendste Theil hiervon $= 0{,}00155$ Cub. Z. ist dem Raume gleich, um welchen es durch Zulegung eines Gewichttheilchens weiter einsinkt. Letzterer Raum durch den Queerschnitt des Halses dividirt, giebt die Länge des einsinkenden Theiles. Es war aber der Queerschnitt des Stängelchens, welches die Schale trug, kleiner als 0,0025 Q. Z. mithin $\frac{0{,}00155}{0{,}0025} = 0{,}62$ Z. die Länge des durch ein Gewichttheilchen einsinkenden Theiles. Rechnet man hiervon die Hälfte für die zu überwindende Adhäsion ab, so bleibt immer noch 0,32 Länge des einsinkenden Theils; und wenn man annimmt, dafs hiervon der vierte Theil geschätzt werden könne, so wird sich ohne Schwierigkeit das spec. Gew. einer Flüssigkeit bis auf 0,00025 finden lassen. Es folgt hieraus, dafs die Empfindlichkeit des Werkzeuges im directen Verhältnisse seiner Gröfse und im umgekehrten des Queerschnittes seines Halses stehe. Bei dieser grofsen Genauigkeit darf man sich mit Recht wundern, dafs dasselbe nicht allgemeiner geworden ist, und die viel unvollkommneren Aräometer mit festen Scalen nicht längst verdrängt hat. Vorzüglich ist dasselbe für concentrirte Säuren zu empfehlen, bei welchen selbst dem Gebrauche der hydrostatischen Waage wegen der ätzenden Eigenschaft ihrer selbst und ihrer Dämpfe grofse Hindernisse in Wege stehen [1]. Ein diesem ähnliches Instrument, welches Lanier [2] als *hydromètre universel* bekannt gemacht hat, ist weit mehr zusammengesetzt und minder brauchbar, dasjenige aber, dessen sich Charles unter dem Namen eines *hydromètre thermométrique* [3] bediente, um die Ausdehnung der Flüssigkeiten durch Wärme zu finden, ist mit

1 Vortreffliche Apparate dieser Art verfertigt der Mechanicus Loos in Darmstadt.

2 J. d. Ph. LXXIV. 182.

3 Biot Traité. I. 414.

Digitized by Google

diesem ganz identisch, und unterscheidet sich blofs durch seine Gröfse und die Dünne seines Stieles, beides der gröfseren Empfindlichkeit wegen.

Nicholson[1] hat unter dem Namen *Hydrometer* ein Werkzeug angegeben, welches gleichfalls bei gleichem Volumen veränderliche Gewichte erfordert. Dasselbe besteht aus einem oben und unten durch gebogene Flächen geschlossenen Cylinder von Blech A. Am oberen Ende ist in der Richtung der Axe ein dünner Messingdraht befestigt, welcher oben vermittelst eines kleinen Ringes von Blech eine flache Schale B trägt, und an einer geeigneten Stelle durch einen Feilstrich b gezeichnet ist. Am unteren Ende trägt ein angelötheter Draht einen Bügel, und dieser einen umgekehrten Kegel oder einen Eimer a, dessen unteres Ende durch ein Gewicht beschwert ist. Soll dasselbe dazu dienen, die spec. Gew. der Flüssigkeiten zu finden, so mufs sein absolutes Gewicht, und dasjenige, mit welchem es beschwert wird, damit es bis an den Feilstrich des Stieles einsinke, bestimmt werden, und es verhalten sich dann, wie beim Fahrenheitschen, die spec. Gew. zweier Flüssigkeiten, wie die absoluten Gewichte des Werkzeuges beim Einsinken bis an den bezeichneten Punct. Der Erfinder wollte es indefs nicht blofs für diesen Zweck, sondern zugleich auch zur Bestimmung des spec. Gew. fester Körper benutzen, und in dieser Hinsicht ist es vorzüglich durch Hauy zur Bestimmung des spec. Gew. der Mineralien empfohlen[2]. Soll es hierzu gebraucht werden, so ist nicht erforderlich, sein absolutes Gewicht zu kennen, sondern man suche blofs das Zulegegewicht, womit es bis an das Zeichen des Stieles einsinkt, lege das Mineral in das Schälchen, und nehme so viel Gewicht heraus, bis das Werkzeug wieder auf den vorigen Punct einsinkt, um das absolute Gewicht des Körpers zu erhalten. Dann werfe man diesen in das Eimerchen ins Was-

Fig. 77.

1 Manchester Memoirs. Vol. II. Wassington and London. 1787. 8. maj.

2 Hauy Traité de mineral. Par. 1801. I. 210. übers. von Karsten. Berl. 1804. I. 283. Journal d'Histoire naturelle T. I. Par. 1792. 8. p. 94. Gren J. d. P. V. 502.

Digitized by Google

ser, so wird er ein gleich grofses Volumen Wasser, als er selbst ist, verdrängen. Das Gewicht des letzteren mufs oben im Schälchen wieder zugelegt werden, um den Normalpunct des Einsinkens herzustellen, und giebt, in das absolute Gewicht dividirt, das spec. Gew. des Körpers. Z. B. Es sinke das Aräometer mit 400 Gr. Zulegegewicht bis an den Strich ein. Man lege ein Stück Kalkspath in das Schälchen, und nehme statt dessen 250 Gr. heraus, um das Gleichgewicht wieder herzustellen. Dann werfe man das Stück Kalkspath in den kleinen Eimer, und lege 92 Gr. zu, um das Werkzeug wieder bis an den Strich einsinken zu machen, so ist $\frac{250}{92} = 2{,}7173\ldots$ das spec. Gew. des Kalkspathes gegen Wasser als Einheit bei der Temperatur desselben während des Versuches. Ist das Volumen des Apparates und die Feinheit des oberen Drahtes bekannt, so läfst sich durch eine ähnliche Rechnung, als die oben beim Fahrenheitschen angegebene, die Genauigkeit bestimmen, welche mit demselben erreicht werden kann. Meistens werden diese Aräometer von Messingblech verfertigt, haben aber dann von der Politur leicht einen feinen fettartigen Ueberzug, welcher die Adhäsion des Wassers hindert, und sie dadurch weit minder empfindlich macht. Letztere Unvollkommenheit wird bedeutend vermehrt, wenn die Künstler sie mit Firnifs oder Lack überziehen. Indem aber ungefirnifstes Messingblech leicht schwarz wird, der Firnifs aber die Adhäsion zum Wasser und die leichtere Beweglichkeit in demselben aufhebt, so müssen sehr genaue Instrumente dieser Art entweder von Silber, oder noch besser von Glas gemacht seyn.

Charles in Paris bedient sich eines verbesserten Aräometers dieser Art, welches zweckmäfsig eingerichtet ist, und von ihm *aréomètre - balance* genannt wird. Seinem Baue nach ist dasselbe ein Fahrenheitsches mit einem anhän-
Fig. genden Glasgefäfse a voll Quecksilber, welches den birnför-
78. migen schwimmenden Körper herabzieht. Zwischen beiden hängt ein Sieb von Silber, in welches die festen Körper, wenn sie oben gewogen sind, geworfen werden können, um ihren Gewichtsverlust im Wasser zu finden. Für leichtere

Digitized by Google

Körper kann dasselbe umgekehrt werden, so dafs diese dann in die Höhe drücken[1]. Bei der grofsen Genauigkeit des Fahrenheitschen Werkzeuges kann man die hier angegebene Vorrichtung bequem sowohl für feste Körper als auch für flüssige einrichten, wenn man dasselbe etwas grofs verfertigen läfst, dann nach den Erfordernissen des Fahrenheitschen ohne das Sieb graduirt, und mit den erforderlichen Gewichten versieht, um es für alle Arten Flüssigkeiten zu gebrauchen, bei der Bestimmung des spec. Gew. fester Körper aber das Sieb einhängt, und die Abwägung vornimmt, ohne auf das absolute Gewicht des Werkzeugs Rücksicht zu nehmen, welches bekanntlich hierbei unbestimmt bleiben kann[2].

Die hydrostatische Waage von Hawkbee[3] gehört gleichfalls unter diese Classe von Aräometern, ist aber sehr zusammengesetzt, kostbar, und dennoch kein vollständiger aräometrischer Apparat. Sie besteht aus einer gleicharmigen, höher und niedriger zu stellenden Waage mit herabhängender Zunge, hat am einen Arme eine gewöhnliche Waagschale, am andern einen gläsernen, länglichrunden Körper, über welchem an der ihn tragenden Stange eine zweite Waagschale befestigt ist. Zur Bestimmung des spec. Gew. einer Flüssigkeit wird der Glaskörper mit der Waagschale des andern Armes ins Gleichgewicht gesetzt, dann ins Wasser gesenkt, und die zur Herstellung des Gleichgewichtes dann erforderlichen Zulegegewichte geben das Gewicht eines gleich grofsen Volumens Wasser. Man senkt den Glaskörper dann in die zu prüfende Flüssigkeit, und die hierbei erforderlichen Zulegewichte, dividirt durch die ersteren, geben das spec. Gew. derselben. Einfacher und weit empfindli-

1 Biot Traité. I. 433.

2 Solche Apparate, und für minder genaue Bestimmung die nach G. G. Schmidts Angabe graduirten Aräometer verdienten allgemein eingeführt zu werden, vom ersteren zwei Arten, eine gröfsere und eine kleinere.

3 Leupold Theatr. mach. hydrost. cap. III. p. 33. Theatr. stat. univ. II. p. 217. Christ. Wolf Allerhand nützliche Versuche u. s. w. Halle 1737. I. 565.

Digitized by Google

cher ist die von Hooke schon 1692 vorgeschlagene Waage, welche aus einem zweiarmigen feinen Waagebalken mit einer an einem feinen Metallfaden aufgehangenen Glaskugel an der einen Seite und einer Waagschale an der anderen besteht[1]. Ihr Gebrauch ergiebt sich von selbst, und will ihr Erfinder $\frac{1}{2000}$stel Salz im Wasser damit gefunden haben.

Fig. 79. Vorzüglicher als beide ist wohl Ramsden's hydrostatische Waage[2]. Sie ist als Schnellwaage eingerichtet, trägt an dem kürzeren Arme einen Glaskörper a, auf dem längeren dagegen ein verschiebbares Gewicht m, welches auf zwei Scalen zugleich, auf der einen das spec. Gew., auf der andern den Alkoholgehalt nach Procenten bei denjenigen Flüssigkeiten unmittelbar angiebt, worin die Kugel eingesenkt ist. Hassenfratz[3] hat in einer weitläuftigen Abhandlung aufser einer Kritik der meisten, bis dahin bekannten Aräometer eine Verbesserung dieser Waage vorgeschlagen, welche darin besteht, dafs von zwei Schiebern der eine die Zehntheile des andern angiebt; ferner hat er sie auf französische Gewichte reducirt, und durch Vertauschung des Glaskörpers mit einem Eimerchen auch zur Bestimmung des spec. Gew. fester Körper anwendbar gemacht. Durch dieses letztere tritt sie indefs nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche aus der Classe der Aräometer in die der eigentlichen hydrostatischen Waagen.

Wäre es zweckmäfsig, neben den, in ihrer Art genügenden, Aräometern mit festen Scalen, wenn sie nach richtigen Grundsätzen verfertigt sind, neben dem verbesserten Fahrenheitschen und der gleich zu erwähnenden vortrefflichen *Senkwaage* von Tralles noch einen Apparat einzuführen, so möchte es diese Ramsdensche Waage seyn, welcher es, wie Gilbert[4] gezeigt hat, an Genauigkeit nicht

---

1 Phil. Tr. N. 197. XVI. p. 640.

2 An account of experiments to determine the specific gravities of fluids cet. by Jesse Ramsden. Lond. 1792. J. de Ph. XL. 432. G. I. 158.

3 Ann. de Chim. XXVI. 1 ff. 132 ff. 188. XXVII. 118. XXVIII. 3 u. 282. G. I. 158.

4 Ann. I. 161.

Digitized by Google

fehlt, obgleich sie ungleich kostbarer und dabei minder fein als die beiden letzteren ist. Hätte die Waage nur einen Läufer, welches der genaueren Arbeit und einfacheren Eintheilung wegen vorzuziehen ist, so müfste der Waagebalken so eingerichtet werden, dafs der Läufer, am Ende desselben befindlich, dem freischwebenden Glaskörper das Gleichgewicht hielte. Vernachlässigt man hierbei den unbedeutenden statischen Einfluss der Luft, wiegt dann den Glaskörper in destillirtem Wasser bei der Normaltemperatur und theilt den Raum, welchen dann der Läufer durchlaufen hat, in 1000 gleiche Theile, so wird man hiernach das specifische Gewicht derjenigen Flüssigkeiten, welche leichter als Wasser sind, bis auf 0,001 finden können, und eben so der schwereren bis zum spec. Gew. = 2,00, wenn man fortfährt, auf dem Waagebalken noch 1000 Theile, also bis 2000 aufzutragen. Es sey nämlich das Gewicht des Läufers = p; die Länge des Hebelarmes, wenn der Glaskörper in der Luft schwebend im Gleichgewichte ist, = c; wenn er im Wasser gewogen wird = a; wenn er in einer Flüssigkeit vom spec. Gew. = m gewogen wird = x; so ist der Verlust des Glaskörpers im Wasser = pc — pa; und in der Flüssigkeit vom spec. Gew. m gewogen = pc — px; und da diese Gewichtsverluste im Verhältnisse der spec. Gew. stehen, so ist p (c — a) : p (c — x) = 1 : m; folglich $x = c - (c - a)\,m$. Bezeichnen dann Δx; Δm zwei zusammengehörige Veränderungen der Länge des Hebelarmes und des spec. Gew., so ist $\Delta x = -(c - a)\,\Delta m$, wonach also Δx sich gleichmäfsig verändert. Nimmt man an, der Waagebalken habe vom Hypomochlion an 8 par. Z. Länge, so geben diese 960 Zehntel Linien, und es lassen sich also leicht 1000 Theile auftragen und ohne Schwierigkeit ablesen, wodurch also die spec. Gew. aller Flüssigkeiten von 0,0 bis 2,0 auf $\frac{1}{500}$stel bestimmt werden könnten. Weil es aber keine Flüssigkeit unter 0,7 giebt, so könnte man 350 Theile von diesen 1000 entbehren, wodurch die übrigen im gleichen Verhältnisse gröfser werden würden. Dann müfste aber aufser dem Puncte, welcher dem spec. Gew. des Wassers zugehört, noch ein anderer durch Abwiegen in einer genau bekannten Flüssigkeit bestimmt werden.

Digitized by Google

Auf gleiche Weise unbeachtet oder minder gebräuchlich, als gerade die richtigsten Aräometer sind, ist auch die vortreffliche Senkwaage von Tralles[1]. Sie ist im Wesentlichen dem Fahrenheitschen Aräometer nachgebildet, besteht aus einem hohlen, am besten gläsernernen, Körper A mit einem dünnen Stiele, welcher in die Flüssigkeit bis an einen bezeichneten Punct am letzteren eingesenkt wird. An der oberen Spitze des Stieles befindet sich ein zweimal gebogener feiner Arm aaaa, an dessen unteres Ende eine kleine Waagschale mit Gewichten p so aufgehängt ist, dafs das Instrument, gerade gerichtet, in dem cylindrischen Glase B schwimmt. Soll die Waage einen allgemeinen Gebrauch haben, so wird der Glaskörper nebst Arm, Schälchen und Gewichten, womit dieselbe belastet werden mufs, wenn der Glaskörper in reinem Wasser bei der Normaltemperatur bis an das Zeichen am Stiele einsinkt, gewogen, und dieses Gewicht ist die Einheit, welche, in das Gewicht, womit der Glaskörper in einer andern Flüssigkeit bis eben dahin einsinkt, dividirt, das spec. Gew. der letzteren bei der angenommenen Temperatur angiebt. Nimmt man daher das oben angegebene Totalgewicht des Apparates als Einheit an, und verfertigt sich Gewichtstheilchen, welche 0,001 desselben ausmachen, so erhält man auch hiermit das spec. Gew. der Flüssigkeiten ohne Rechnung. Wiegt daher z. B. der Apparat ohne die Zulegegewichte 520 Gewichttheilchen, so dafs für das Schwimmen im Wasser noch 480 zugelegt werden müssen, so ist das spec. Gew. einer leichteren Flüssigkeit, bei welcher 20 Gewichttheilchen weggenommen werden müssen, = 0,980; bei einer schwereren, wobei 35 zugelegt werden müssen, = 1,035. Soll aber die Waage zur Bestimmung einer eigenthümlichen Gröfse, z. B. des Gehaltes von Alkohol im Branntwein, angewandt werden, so kann man hierfür die Zulegegewichte einrichten, und für jedes Exemplar im Voraus Tabellen, theils für die mit dem Gehalte der Mischung abnehmenden spec. Gew., theils für die veränderlichen Temperaturen entwerfen, wozu Tralles zugleich mit der Be-

Fig. 80.

1 G. XXX. 584. XXXVIII. 401. Hermbstädt's Bullet. 1809. II. 143. Berlin. Denksch. 1804 — 11. p. 65.

schreibung des Instrumentes Anleitung giebt. Man sieht übrigens leicht, dafs dieses Instrument dem Fahrenheitschen an Genauigkeit, Umfang und Feinheit gleich kommt, an Bequemlichkeit und Leichtigkeit der Behandlung etwas nachsteht, wegen seines geringeren Preises aber vorzuziehen ist.

Eine andere Anwendung der oben gegebenen zweiten Formel, wonach $D : d = P : p$ ist, hat zu einer Reihe von Werkzeugen geführt, welche in ihrer Construction nicht wesentlich verschieden sind. Einer der ältesten bekannten Vorschläge dieser Art ist von Homberg[1]. Dieser empfiehlt eine gläserne Flasche A mit einem engen Halse und einer seitwärts angebrachten feinen Röhre f, welche bis zur Höhe e des Halses reicht, und verhindert, dafs die eingeschlossene Flüssigkeit nie höher, als bis an diesen sehr engen Raum steigen kann, auch läfst sie die im Gefäfse befindliche Luft beim Eingiefsen der Flüssigkeit entweichen. Man bringt dieses Gefäfs auf einer genauen Waage ins Gleichgewicht, giefst dann Wasser hinein, bis es an das Zeichen bei e reicht, stellt das Gleichgewicht der Waage wieder her, und bemerkt, wenn die Temperaturen gleich bleiben, dieses ein für allemal. Dann wiegt man in dem wieder gereinigten Gefäfse eine gleiche Quantität der zu bestimmenden Flüssigkeit, dividirt das zuletzt gefundene Gewicht durch das erste, und findet so das spec. Gew. der Flüssigkeit gegen das des Wassers als Einheit. Da der Hals der Flasche sich bei e haarröhrchenartig verengt, so können die Volumina der eingegossenen Flüssigkeiten nicht wesentlich differiren, aufser was der Einfluss der ungleichen Capillaranziehung beträgt, auch kommt das schwierige Reinigen und Trocknen des Gefäfses sehr in Betrachtung. Fig. 81.

Die erste, nicht eigentlich wesentliche, Abänderung erhielt dieser Apparat durch Deschorzilles, welcher ihm den Namen *Aréométritype* gab, indem er zur Calibrirung der Beaumé'schen Aräometer dienen sollte. Nach ihm besteht das Werkzeug aus einem dicken Glase g h mit eingeriebenem gläsernen Stöpsel a b, welcher in den Raum des erfüllten Gläschens so eingedrückt wird, dafs gerade 100 Decigram- Fig. 82.

1 Mém. de l'Ac. 1699. 44.

men destillirtes Regenwasser darin bleiben, eine Quantität, welche bei Verfertigung des Instrumentes genau regulirt werden kann, indem man entweder den Stöpsel etwas dünner schmirgelt, damit er etwas tiefer hineingeht, oder von der unteren Fläche etwas abschleift. Das Glas mit reinem Wasser gefüllt, wird auf einer beliebigen feinen Waage mit dem blechenen Futteral desselben BB und dessen Deckel A so ins Gleichggewicht gesetzt, dafs es genau tarirt ist. In der kleinen Schublade de befinden sich dann Gewichttheilchen, auf Milligramme reducirt, und wenn das Gläschen mit irgend einer Flüssigkeit gefüllt ist, so wird es wieder auf die Waage gebracht, und man legt von den Gewichttheilchen entweder in die Waagschale des Futterals oder in die des Gläschens, wodurch das spec. Gew. der Flüssigkeit unmittelbar gegeben wird. Auf die veränderliche Temperatur und deren Einflufs hat der Erfinder keine Rücksicht genommen.

Ramsden[1] verbesserte dieses Werkzeug in so fern, als er die Temperatur der zu wiegenden Flüssigkeiten durch ein hineingesenktes Thermometer mit geätzter Scale, welche gröfserer Genauigkeit wegen nur 10 — 12 Grade F. umfafste, scharf bestimmte. Die Flasche, von 2 — 2,5 Z. Durchmesser, endigt oben in einen engen, sehr glatt abgeschliffenen Hals, von etwa 0,3 Zoll Durchmesser, welcher mit einem gleichfalls genau geschliffenen und polirten Glasscheibchen bedeckt wird. Letzteres hat ein rundes Löchelchen, worin das Ende des Thermometers eingeschmirgelt ist, und somit fast bis auf den Boden des Gefäfses reicht. Als eine aufserwesentliche Verbesserung ist es anzusehen, dafs Schmeisser[2] das Gefäfs mit einem gläsernen, eingeschmirgelten Stöpsel versah, in welchen das Thermometer vermittelst eines gläsernen Kragens gleichfalls eingeschliffen war. In dieser Form ist es zusammengesetzter und schwieriger zu verfertigen, als in der vorhergehenden, erlaubt aber auch bei undurchsichtigen Flüssigkeiten die Thermometergrade zu beobachten. Keine eigentliche Verbes-

Fig. 83.

Fig. 84.

1 Phil. Trans. LXXX.

2 Lichtenbergs Mag. IX. 2. 97 aus den Phil. Tr. LXXXIII. 164.

Digitized by Google

serung ist ferner der Vorschlag von Hassenfratz[1], indem dieser das Gefäfs mit einem bleiernen, durchlöcherten Stöpsel zu verschliefsen räth. Wagenmann[2] verwirft das Thermometer, räth blofs ein einfaches Gläschen, welches etwa 2 Unzen Wasser hält, oben glatt zu schleifen, mit einer gleichfalls geschliffenen Glasplatte zu bedecken, um durch das Auflegen derselben das Volumen der im Innern enthaltenen Flüssigkeit genau zu bestimmen, dann das gefüllte, vorher tarirte Fläschchen auf einer feinen Waage zu wiegen, und aus dem Gewichte der hierdurch erhaltenen gleichen Mengen verschiedener Flüssigkeiten das spec. Gew. derselben zu bestimmen. In dieser Form ist das Werkzeug wohl *Microaräometer*, oder auch *hydrostatische Waage* genannt, und Parrot[3] zeigt ausführlich, dafs man dasselbe auch zur Bestimmung des spec. Gew. fester Körper gebrauchen könne, indem man diese hineinwirft, und aus der Quantität des verdrängten Wassers ihr Volumen findet. Endlich hat Meissner[4] noch eine Verbesserung dieses Aräometers, welches er *Pyknometer*[5] nennt, vorgeschlagen. Diese besteht blofs darin, dafs die bedeckende Glasscheibe mit einem kleinen Löchelchen versehen wird, um der überschüssigen Flüssigkeit hierdurch einen Ausweg zu lassen, wenn diese anders von der Art ist, dafs sie die Ränder des Gläschens nicht benetzt, und sich somit nicht über dieselben ausbreitet. Fig. 85.

Dafs dieses Instrument weder hinsichtlich seiner Feinheit noch auch seiner Bequemlichkeit einen Vorzug vor den vorhin beschriebenen Arten der Aräometer, den sogenannten Gravimetern, habe, folgt aus den mitgetheilten Beschreibungen und Berechnungen. Mit einem Thermometer versehen ist das Gewicht des Gefäfses zu grofs gegen das Gewicht der enthaltenen Flüssigkeit, ohne Thermometer aber

---

1 Annales de Chim. Par. an VI. p. 188. G. I. 409.

2 Hermbstädt Büllet. VI. 1. 22.

3 Grundrifs der theoretischen Physik von G. F. Parrot. Riga u. Leipz. 1809. I. 301.

4 Aräometrie. I. 47.

5 Von πυκνὸς dicht, daher *Dichtigkeitsmesser*, von Meifsner unrichtig *Dünnemesser* übersetzt.

ist die Temperatur um so weniger bestimmbar, als sie durch das Herablaufen der Flüssigkeit und das beim Abwischen derselben nothwendige Manipuliren sehr leicht verändert wird. Dabei erfordert dasselbe eine eben so weitläuftige Rechnung, als das Nicholsonsche, und steht hierin dem Fahrenheitschen und den Aräometern mit fester Scale nach. Blofs in dem Falle, wenn nur eine geringe Quantität der zu untersuchenden Flüssigkeit vorhanden ist, hat es einen Vorzug in der Kleinheit seines Umfanges. Man kann in solchen Fällen[1] für geringe Quantitäten dünne Glasröhren in feine Spitzen ausziehen, diese bei möglichst gleicher Temperatur, nachdem sie tarirt sind, erst mit Wasser, dann mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gleichmäfsig füllen, die Spitzen durch blofses Hineinhalten in eine Lichtflamme zuschmelzen, und dann wiegen, so erhält man auch bei sehr kleinen Quantitäten das spec. Gew. derselben nahe völlig genau. Gleichfalls bedient man sich für technische Zwecke mit Nutzen willkührlich grofser Gefäfse mit engem Halse, füllt diese bei gleicher Temperatur, wie sie z. B. durch längeres Hinsetzen in tiefe Keller gegeben wird, mit den zu prüfenden Flüssigkeiten, und bestimmt den erforderlichen normalen Grad ihrer Rectification oder Concentration durch Wiegen auf einer gemeinen Waage[2].

Dafs das Wesen der Aräometer durch die verschiedene Beschaffenheit der zu untersuchenden Flüssigkeiten nicht geändert werde, und es hiernach keiner besondern Benennungen derselben bedürfe, versteht sich von selbst. Indefs hat man aufser den oben schon angegebenen gangbareren Namen doch noch andere erfunden, welchen indefs wegen

1 Muncke Physikalische Abhandlungen. p. 300.

2 Aufser der angegebenen Literatur S. J. Gesner dissertatio de hydroscopio constantis mensurae. Züric. 1754. Joh. Gesners physisch-mathematische Untersuchung von der Richtigkeit des Mafses und dem Nutzen der Hydroskopien. Wien 1771. 8. Historiae baryllorum rudimenta, Auct. C. H. Weigel. Gryphisw. 1785. 4. Reflexions sur les Aréometres par M. Le Roy in Mém. de l'acad. 1770. p. 56. Aräometrie oder Anleitung zur Bestimmung des spec. Gew. und zur Verfertigung genauer Aräometer für Chemisten und Technologen von D. And. Baumgarten. Wien 1820. 8.

Digitized by Google

der Unbedeutsamkeit der damit bezeichneten Werkzeuge nur ein ephemeres Bekanntseyn zu Theil geworden ist. Dahin gehört das von Chevalier[1] angegebene *Gleucometer* (von γλεῦκος Most und μετρέω) ein Aräometer zur Bestimmung des Zuckers im frischgepreſsten Moste.

Zuweilen bedient man sich für den ökonomischen Gebrauch eines sehr unsichern Mittels, z. B. die Gehaltigkeit der Salzsohlen auszumitteln, indem man sie soweit concentrirt, dafs ein Hühnerei darin nicht mehr untersinkt. Indefs ist das spec. Gew. der Eier bekanntlich sehr ungleich. Sicherer ist ein analoges Verfahren, dessen sich London zur Prüfung der Salzlake für die einzusalzenden Heringe bedient, indem er abgewogene kleine Glaskügelchen darin zum Schwimmen bringt[2]. Endlich kann hier auch noch in der Kürze erwähnt werden, dafs Gröning nach einem sinnreichen Verfahren den Alkoholgehalt des Branntweins aus der Temperatur des Destillat's bestimmt, und hiernach das *Thermometer* ein *Alkoholometer* nennt[3]. Die Sache beruhet auf den bekannten Gesetzen der Verdampfung und des Siedens.

Zu den Aräometern kann man füglich auch ein Instrument rechnen, welches H. Say[4] angegeben und *Stereometer* (von στερεὸς dicht, solide) genannt hat. Die Bestimmung desselben ist das Volumen der Körper zu finden, ohne sie mit Wasser in Berührung zu bringen, wonach bei bekanntem absoluten Gewichte derselben das specifische durch die allgemeine Formel $D : d = \frac{P}{V} : \frac{P}{v}$ gefunden werden kann. Fig. 86. A bezeichnet ein Gefäfs von willkührlichem Inhalte, mit einer genau calibrirten und in gleiche Theile fein getheilten gläsernen Röhre ab versehen, und der feinen Pulver wegen nur durch eine feine Oeffnung α damit communicirend; CD ist ein Gefäfs mit Quecksilber, in welches die Röhre ganz eingetaucht werden kann. Der obere Rand des Gefäfses A wird matt geschliffen, so dafs die Spiegelplatte mm mit etwas Pomade bestrichen dasselbe Luftdicht verschliefst, die

1 J. de Ph. LVIII. 159.
2 Gill's Technical Repository N. 22. p. 228.
3 Schweig. J. XXXIX. 473.
4 Ann. de Chim. XXIII. 1. G. II. 230.

Digitized by Google

Häkchen nn sind dazu bestimmt, den Apparat nachdem die Röhre in das Quecksilber getaucht, und die Platte aufgelegt ist, vermittelst daran gebundener Fäden über eine Rolle in die Höhe zu ziehen, ohne die Temperatur der enthaltenen Luft durch die Berührung mit der Hand zu ändern.

Say giebt zwei Formeln an, wonach man mit oder ohne gleichzeitige Beobachtung des Barometers durch die Ausdehnung der Luft des leeren, oder die zu messende Substanz enthaltenden Gefäfses das Volumen der letzteren finden kann, welche aber beide für den praktischen Gebrauch zu verwikkelt sind. Am einfachsten läfst sich die Anwendung desselben auf Folgendes zurückbringen. Wird die Röhre bis an das Gefäfs oder den 0 Punct der Scale in das Quecksilber eingetaucht, dann die Deckplatte luftdicht darauf gelegt, und das Gefäfs in die Höhe gehoben, so wird das Quecksilber in der Röhre nach dem Mariotteschen Gesetze bei gleicher Höhe des Gefäfses über den Niveau des Quecksilbers im Gefäfse bei jedem Barometerstande gleich hoch stehen, weil die Luft im Gefäfse bei gleichem Gewichte der angehobenen Quecksilbersäule gleich viel ausgedehnt wird, der Raum aber, welchen sie in der Röhre einnimmt, ist ein aliquoter Theil des Inhalts des Gefäfses. Ist die Röhre genau calibrirt, also vollkommen cylindrisch, ändert sich der Luftdruck und die Temperatur während des Versuches nicht, nennt man den Inhalt des leeren Gefäfses I, des mit der zu messenden Substanz zum Theil angefüllten i, steht das Quecksilber in beiden Fällen in der angehobenen Röhre gleichhoch, und wird die Luft im ersten Falle bis y im zweiten bis x ausgedehnt, so verhält sich $I : i = ay : ax$. Nennt man $ay = a$; $ax = b$, und ist I bekannt, so ist $i = I\frac{b}{a}$, und indem das Volumen des gemessenen Körpers $v = I - i = I\left(1 - \frac{b}{a}\right)$ ist, so läfst sich hieraus v von der Gröfse = 0 bis I finden, denn im ersteren Falle wäre $b = a$, mit $v = 0$, im letzteren aber $b = 0$, mithin $v_1 = I$, wobei es also blofs darauf ankommt, vor dem Gebrauche I genau zu bestimmen, indem von a und b nur ihr Verhältnifs bekannt seyn mufs.

Folgendes Beispiel möge den Gebrauch eines für manche Zwecke gewifs brauchbaren Werkzeuges erläutern. Es sey

Digitized by Google

der Inhalt des Gefäfses 12 Cub. Z. = I die Scale der Röhre sey in 200 Th. getheilt, das leere, mit der Glasplatte bedeckte Gefäfs werde angehoben, und eine 25 Theile der Scale einnehmende Quecksilbersäule stehe bis y = bis 150 Th. der Scale; das Gefäfs werde niedergelassen, der zu messende Körper hineingelegt, es werde wieder verschlossen, eine 25 Th. der Scale einnehmende Quecksilbersäule stehe bis x = bis 50 Th. der Scale, so ist das Volumen des Körpers v = $12\left(1 - \frac{50}{150}\right) = 7{,}9999\ldots. = 8$ Cub. Z. Ist dann das absolute Gewicht dieses Körpers = p, das absolute Gewicht von 8 Cub. Z. Wasser = P, so ist das spec. Gew. $p' = \frac{p}{P}$. *M.*

Araeometrie.

Araeometria; Aréométrie; Gravimétrie; *Hydrometry*; bezeichnet die Untersuchung der aräometrischen Werkzeuge, oder der Aräometer, die Prüfung des vermittelst derselben erreichbaren Grades der Genauigkeit, und eine Anweisung, wie man sich ihrer zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten bedienen müsse. Jenes ist im Artikel *Araeometer* abgehandelt, dieses dagegen gehört unter die im Allgemeinen bei physikalischen Versuchen erforderlichen Regeln der Vorsicht und Genauigkeit. Dahin gehört vorzüglich die Anwendung richtiger und feiner Werkzeuge, Erhaltung einer gleichmäfsigen Temperatur, scharfe Beobachtung und Rechnung, sorgfältige Reinigung des Instruments vor dem Einsenken in verschiedene Flüssigkeiten u. dgl. m. [1]. Diejenigen Correctionen, welche beim Gebrauche der Aräometer zur Bestimmung des spec. Gew. der Flüssigkeiten wegen des statischen Einflusses der Luft, und der Ausdehnung durch die Wärme erfordert werden, findet man im Artikel: *Gewicht, specifisches*, abgehandelt. *M.*

1 Nollet Leçons de Phys. II. 388. Meifsner die Araeometrie u. s. w. Wien 1816. Aräometrie, oder Anleitung zur Bestimmung des spec. Gew. und zur Verfertigung genauer Aräometer für Chimisten und Technologen. Von A. Baumgärtner. Wien 1820.

Digitized by Google

Arsenik.

Arsenicum; Arsenic; *Arsenic.* Es findet sich im Mineralreiche theils rein, theils mit andern Metallen und mit Schwefel verbunden, theils als arsenige Säure und in Gestalt mehrerer arseniksaurer Salze. Man erhält das Metall im Grofsen durch Sublimation aus dem Arsenikkies. Es krystallisirt in Oktaëdern und Tetraëdern, hat ein specifisches Gewicht von 8,31, eine lichtbleigraue Farbe, und verdampft bei 180° C., ohne zuvor zu schmelzen.

Seine Verbindungen mit Sauerstoff sind folgende:

1. *Arseniksuboxyd*, der schwarze Ueberzug, der sich beim Aussetzen des Metalls an die Luft bildet. Vielleicht blofs ein Gemenge von Metall und arseniger Säure.

2. *Arsenige Säure*, (38 Arsenik auf 12 Sauerstoff) das als *weifser Arsenik* häufig angewendete Gift. Sie bildet sich beim Erhitzen des Arsenik's an der Luft, wobei dasselbe mit blafsblauer Flamme verbrennt, einen knoblauchartig riechenden Dampf erzeugend. Sie wird durch Rösten arsenikhaltiger Erze gewonnen, wobei sich die Dämpfe der arsenigen Säure in den mit dem Röstheerde verbundenen Giftfange zu Giftmehl verdichten, welches zu weiterer Reinigung nochmals sublimirt wird und sich dadurch in eine zusammenhängende glasige Masse von muschligem Bruche verwandelt, welche nach einiger Zeit undurchsichtig wird. Die arsenige Säure ist noch flüchtiger als das reine Arsenik. Sie löset sich in 13 Theilen kochenden Wassers; beim Erkalten scheidet sich aus dieser Lösung ein grofser Theil in oktaëdrischen Krystallen ab. Die wäfsrige Lösung röthet sehr schwach Lackmus; sie färbt sich mit Hydrothionsäure gelb, und giebt dann beim Zusatz von Salzsäure einen gelben Niederschlag von Schwefelarsenik; sie giebt mit überschüssigem Kalkwasser einen weifsen, in Säure löslichen, Niederschlag, mit Kupferoxydammoniak einen zeisiggrünen, und mit salpetersaurem Silber, beim Zusatz von wenig Alkali, einen citrongelben. Die arsenige Säure löst sich wenig in Salzsäure und einigen anderen Säuren; dagegen zeigt sie sich mit vielen Salzbasen verbindbar zu arsenigsauren Salzen,

Digitized by Google

welche sämmtlich beim Erhitzen arsenige Säure entwickeln.

3. *Arseniksäure.* Sie bildet sich beim Verpuffen des Arseniks und der arsenigen Säure mit Salpeter; auch beim Kochen des Arseniks und der arsenigen Säure mit Salpetersalzsäure, und bleibt dann beim Abdampfen als eine weifse glasähnliche Masse zurück. Diese schmilzt in mäfsiger Glühhitze und zerfällt in stärkerer in Sauerstoffgas und arsenige Säure, die sich verflüchtigt.

Die Arseniksäure löst sich sehr leicht und reichlich in Wasser, die Lösung ist im concentrirten Zustande syrupartig, röthet sehr stark Lackmus, giebt mit Hydrothionsäure erst nach längerer Zeit einen gelben Niederschlag von Schwefelarsenik, giebt mit überschüssigem Baryt- und Kalkwasser weifse, in Salzsäure lösliche Niederschläge, mit Kupferoxydammoniak einen blafsblauen, mit salpetersaurem Silberoxyd, besonders bei Hinzufügung von wenig Ammoniak, einen braunrothen. Mit den Salzbasen bildet die Arseniksäure die arseniksauren Salze, die in der Glühhitze meist nur dann ihre Säure im zersetzten Zustande fahren lassen, wenn Kohle, oder eine andere brennbare Materie vorhanden ist, welche durch Entziehung von Sauerstoff die Arseniksäure in arsenige Säure oder in Metall verwandelt.

Das Arsenik verbrennt im Chlorgas mit lebhaftem Feuer, und bildet damit eine sehr flüchtige ölige Flüssigkeit, *Arseniköl.* Es verbindet sich mit Schwefel in sehr vielen Verhältnissen; 38 Arsenik bilden mit 16 Schwefel das *rothe Schwefelarsenik*, Realgar, Sandarach; mit 24 Schwefel das *gelbe Schwefelarsenik*, Rauschgelb, Auripigment; mit noch mehr Arsenik eine mehr bräunlichgelbe Masse. Alle diese Verbindungen sind schmelzbar und verdampfbar, verbrennen an der Luft mit blafsblauer Flamme und dem Geruche des verbrennenden Arseniks und Schwefels, lösen sich leicht in wäfsrigen Alkalien, und werden daraus durch Säure gefällt.

Mit Wasserstoffgas verbindet sich das Arsenik zu *Arsenikwasserstoffgas*, welches durch Auflösen des arsenikhaltigen Zinns in Salzsäure erhalten werden kann. Dieses Gas riecht widerlich, wirkt sehr giftig und verbrennt an

Digitized by Google

der Luft mit blafsblauer Flamme unter Absatz einer braunen Haut an die Wendungen des Gefäfses. *G.*

Ascensional-Differenz.

Differentia ascensionalis; Difference ascensionelle; *Ascentional Difference;* ist der Unterschied zwischen der geraden und schiefen Aufsteigung eines Gestirnes[1] = gerade Aufsteigung — schiefe Aufsteigung. Es sey HR der Horizont, AQ der Aequator, S ein Stern, durch welchen der Abweichungskreis PSD geht. Indem dieser Stern in S aufgeht, ist zugleich O der aufgehende Punct des Aequators und DO ist die Ascensional-Differenz, da beide Aufsteigungen vom Frühlings Nachtgleichen Puncte an gezählt werden, und die gerade in D, die schiefe in O begrenzt ist. Da der Aequator mit dem Horizonte einen Winkel macht, welcher der Aequatorshöhe gleich ist, und bei D ein rechter Winkel ist, so wird die Ascensional-Differenz durch die Abweichung DS = δ des Sternes und die Aequatorshöhe = $90^\circ - \varphi$ bestimmt, indem Sin. Ascens. Diff. = Tang. δ Tang. φ. Für ein Gestirn in der südlichen Halbkugel des Himmels ist δ negativ, und folglich, wenn φ positiv oder der Beobachtungs-Ort auf der nördlichen Halbkugel bleibt, die Ascensional-Differenz negativ, das heifst, statt dafs in unsern Gegenden die nördlichen Gestirne mit einem Puncte des Aequators der weniger Rectascension hat, als das Gestirn, aufgehen, sehen wir hingegen mit einem südlichen Sterne zugleich einen Punct des Aequators anfgehen, dessen Rectascension gröfser als die des Sternes ist. Auf der südlichen Halbkugel der Erde findet das Gegentheil statt, weil da auch φ negativ ist.

Fig. 3.

Wenn $\delta > 90^\circ - \varphi$ ist, so würde der Sin. der Ascens. Diff. gröfser als 1, das heifst, die Ascens. Diff. erhält dann einen unmöglichen Werth, indem der Stern dann gar nicht aufgeht, sondern immer über dem Horizonte bleibt. Eben das tritt ein für südliche Sterne, die wegen ihrer zu grofsen südlichen Abweichung nie aufgehen, und bei dem der Sin. einen gröfsern negativen Werth als — 1 zu erreichen scheint. Aus der Ascensional-Differenz wird die schiefe

[1] S. die Art. *Aufsteigung, gerade, schiefe.*

Digitized by Google

Aufsteigung, die Tagebogen, die Zeit der Sichtbarkeit des Sternes oder die Tageslänge gefunden. Die *Descensional-Differenz* wird durch eben die Formel ausgedrückt, indem in der Figur eben so gut O den mit dem Sterne zugleich untergehenden Punct des Aequators bedeuten kann. Die Descensional-Differenz oder der Unterschied zwischen der geraden Absteigung und schiefen Absteigung des Sternes ist der Ascensional-Differenz völlig gleich, wenn das Gestirn nicht in der zwischen Aufgang und Untergang verfliefsenden Zeit seine Stellung gegen den Aequator ändert. *B.*

Aspecten.

Adspectus seu Configurationes planetarum; Aspects; *Aspects.* Da Sonne, Mond und Planeten in sehr verschiedenen Zeiten ihren scheinbaren Umlauf um den Himmel vollenden, so befinden sie sich zu verschiedenen Zeiten in sehr mannigfaltigen Stellungen gegen einander. Unter diesen hat man einige merkwürdigere, wo sie an einander vorbei gehen, oder sich einander gerade gegen über stehen u. s. w. mit dem Namen der Aspecten belegt. Wenn zwei Himmelskörper mit gleichförmiger Bewegung in den Zeiten T und t ihre Umläufe vollenden, so ist der Raum, den jeder in *einem* Tage durchläuft $= \frac{360^\circ}{T}$ für den einen, und $= \frac{360^\circ}{t}$ für den andern; der Raum, um welchen der letztere dem erstern voreilt, ist also in *einem* Tage $= 360^\circ \left(\frac{1}{t} - \frac{1}{T}\right)$ also in x Tagen $= 360^\circ \times \left(\frac{T-t}{Tt}\right)$. Damit nun diese Voreilung den einen wieder zu eben der Stellung gegen den andern bringe, mufs sie 360 Grade betragen, und so wird $360^\circ = 360^\circ \times \left(\frac{T-t}{Tt}\right); x = \frac{T.t}{T-t}$ die Anzahl von Tagen zwischen gleichen Stellungen gegen die Sonne geben. Jupiter z. B. läuft in 4332 Tagen, Saturn in 10759 Tagen um die Sonne, also treten von der Sonne aus gesehen gleiche Aspecten in 19 Jahren und 313 Tagen ein, und darnach lassen sich die hiervon freilich wegen der Bewegung der Erde zu etwas andrer Zeit für uns eintretenden gleichen Aspecten be-

Digitized by Google

stimmen. Von diesen Aspecten pflegt man jetzt nur noch folgende zu bemerken:

1. Die Zusammenkunft, Conjunction (*Conjunctio*, Conjonction, *Coniunction*). Man deutet sie mit dem Zeichen ☌ an. Sie findet statt, wenn zwei Himmelskörper gleiche Länge haben, oder sich beide in einem durch den Pol der Ekliptik gegen diese senkrecht gezognen Kreise befinden. Bei der Zusammenkunft der Sonne und des Mondes haben wir Neumond, und wenn der Mond sich dabei der Ekliptik sehr nahe befindet, eine Sonnenfinsternifs.
2. Der Gegenschein, Opposition; *Oppositio*; Opposition; *Opposition*. Ihr Zeichen ist ☍. Wenn zwei Gestirne eine um 180° verschiedene Länge haben, so sind sie in Opposition; sie stehen dann am Himmel einander gegen über; sie befinden sich in demselben durch beide Pole der Ekliptik gehenden gröfsten Kreise; aber der eine auf dem einen durch die Pole begrenzten Halbkreise, der andre auf dem andern. Wenn der Mond in Opposition mit der Sonne ist, so haben wir Vollmond, und wenn zugleich seine Breite geringe, oder er der Ekliptik nahe ist, eine Mondfinsternifs. Die Oppositionen der Planeten mit der Sonne beobachtet man vorzüglich deswegen, weil bei der genauen Opposition die heliocentrische Länge des Planeten mit der geocentrischen genau gleich ist, und daher durch diese Beobachtung die heliocentrische Länge gegeben wird. Wie Kepler sie benutzte, erhellt aus dem im Artikel: *Bahn* I. 3. Gesagten.
3. Der Gedrittschein, Trigonalschein (*Trinus*) wenn zwei Gestirne in Länge 120° von einander abstehen. Sein Zeichen ist △.
4. Der Geviertschein, die Quadratur, *Quadratus* la Quadrature, wenn ihre Länge um 90° verschieden ist. Ihr Zeichen ist □.
5. Sextilschein (*Sextilis*. ⚹), wenn sie 60 Grade von einander in Länge entfernt sind.

Die Astrologen hatten deren noch mehrere, die man bei Kepler [1] aufgeführt findet. Für uns sind sie von keiner

1 Harmonices mundi libb. quinque. l. IV. prop. 9.

Digitized by Google

Bedeutung mehr und aufser Conjunction und Opposition bemerken wir blofs noch die Quadratur des Mondes oder die Mondsviertel. Dafs diese Aspecten, vorzüglich die Conjunctionen, schon früh die Augen der Menschen auf sich gezogen haben, liegt in der Natur der Sache, und erhellt auch aus manchen uns überlieferten Beobachtungen. In früheren Zeiten, als die Umlaufsperioden der Planeten noch nicht genau bekannt waren, hatten die Beobachtungen ihrer Zusammenkünfte eine gröfsere wissenschaftliche Wichtigkeit als jetzt, wo wir so viele Mittel besitzen, die Stellung der Planeten genau zu bestimmen. Diese Constellationen waren es auch hauptsächlich, an welche sich der astrologische Aberglaube knüpfte, und wer die verhältnifsmäfsige Wirksamkeit der Aspecten kennen lernen will, der findet selbst bei Kepler [1] noch nähere Auskunft. Wenn man dieses liest, so glaubt man Keplern selbst nicht ganz von einer Hinneigung zum Glauben an diesen Einfluſs frei sprechen zu können, obgleich zwischen den diesem Glauben günstigen Aeufserungen auch wieder andre unsern Ansichten mehr entsprechende Aeufserungen vorkommen. Er theilt dort die bei seiner eignen Geburt eingetretenen Constellationen mit und macht darüber mancherlei Bemerkungen [2]. An andern Stellen aber verwirft er die ganze Astrologie [3].

Zu diesen Aspecten, die in astrologischer Beziehung merkwürdig waren, gehören auch die *Häuser des Mondes*, das ist, die 28 Abtheilungen der Ekliptik, welche der Mond Tag für Tag bei seinem (ungefähr 28tägigen) Umlaufe durchwandert. Ueber ihre Bedeutung oder die jedem Hause eignen Vorbedeutungen ist es nicht der Mühe werth etwas zu sagen [4].

---

1 a. a. O.

2 Lib. IV. Cap. 7.

3 de nova stella in pede serpentarii. Cap. 2 und an manchen andern Orten.

4 Ein erst kürzlich der (vielleicht verdienten) Vergessenheit entrissenes Buch aus dem Alterthum über diesen Gegenstand ist: Joann. Laurentii Lydi lib. de Ostentis ed. Hase. (Paris. 1823.)

Auch in Plutarch de causis naturalibus cap. 24 und an mehrern Stellen kann man einzelne hieher gehörige Albernheiten lesen.

Digitized by Google

Von diesem Glauben an den Einfluſs der Constellationen auf irdische Erscheinungen hat sich die Meinung, daſs ein Einfluſs auf die Witterung und auf die Krankheiten des menschlichen Körpers statt finde, noch bis auf unsre Zeiten erhalten. Was den Einfluſs, namentlich der Mondsphasen, auf die Witterung betrifft, so ist darüber zwar vieles für und gegen gesagt worden; wenn man aber mit einiger Sorgfalt die an mehrern Orten angestellten Witterungsbeobachtungen vergleicht, wenn man sieht, daſs nur in ungemein seltnen Fällen das Eintreten andrer Witterung so entschieden an *einem* Tage in weit von einander entfernten Gegenden erfolgt, und daſs meistens der Uebergang von trübem zum heitern Wetter und umgekehrt, selbst in nicht sehr entfernten Gegenden Deutschlands am einen Orte einige Tage früher, am andern Orte einige Tage später merklich wird; so kann man kaum noch zweifeln, daſs der Einfluſs von Neumond, Vollmond u. s. w. sehr unbedeutend seyn muſs [1]. Auch sind die Wetterprophezeihenden selbst uneins, ob der Tag des Neumonds, oder der Tag, welcher ihm 3 Tage vorangeht oder ihm 3 Tage folgt u. s. w. der wirksamere sey. Die Zusammenkünfte und Gegenscheine andrer Planeten haben gewiſs gar keinen Einfluſs [2]. Eben so scheint auch der Einfluſs auf den menschlichen Körper, nach dem Zeugnis vieler erfahrner Aerzte, mit gutem Grunde geleugnet werden zu können [3].

Von dem Glauben an einen Zusammenhang zwischen der Stellung der Gestirne und den Schicksalen der Menschen oder den groſsen Weltbegebenheiten, meinten wir vor kurzem ganz zurückgekommen zu seyn; aber seit Pfaff in Erlangen die wichtige Entdeckung bekannt gemacht hat, daſs Napoleons Tod (am 5. Mai 1821) mit der in eben dem Jahre

1 Brandes Beiträge zur Witterungskunde. S. 281.

2 Ellingers Beiträge über den Einfluſs der Himmelskörper auf unsre Atmosphäre (München 1814) beweisen keinesweges einen solchen Einfluſs, und Haberle's ganz unbegründete Wetterprophezeihungen aus den Constellationen sind längst in Vergessenheit gerathen.

3 Die Gründe für diese Behauptung und die hieher gehörigen Schriften theilt Klose mit. Klose's allgemeine Aetiologie der Krankheiten des menschlichen Geschlechts. Leipzig 1822. S. 212.

Digitized by Google

im Juni und im November und December eingetretenen *grossen Conjunction* (denn so nannten die alten Astrologen die Zusammenkunft des Jupiter und Saturn,) zusammen getroffen sey[1], müfsten wir bekennen, dafs es auch im neunzehnten Jahrhundert noch Astrologischen Aberglauben giebt. Indefs scheint doch weder die hiervon handelnde Schrift noch die „„Astrologie““ eben des Verfassers viel Beifall gefunden zu haben. *B.*

Astrognosie.

Sternkenntnifs; *Astrognosia;* Astrognosie (Von ἀστὴρ, Stern und γνῶσις Kenntnifs); ist die Kenntnifs der Sternbilder und der einzelnen Sterne nach den ihnen beigelegten Namen. Wenn man einige Fixsterne kennt, so ist es nicht schwer, mit Hülfe guter Sterncharten, unter denen Bode's kleinere Charten die aller bequemsten sind, sich eine vollständige Kenntnifs der Gestirne zu erwerben. Sterncharten dienen hierzu besser als Himmelskugeln, da man sich bei diesen immer gewöhnen mufs, das was man auf der Himmelskugel von aufsen her sieht, so am Himmel aufzusuchen, wie es aus dem Innern der Kugel gesehen, erscheinen würde. Als vorzügliche Anleitung zu Erwerbung der Sternkenntnifs ist seit vielen Jahren anerkannt: Bode's Anleitung zur Kenntnifs des gestirnten Himmels, wovon die neunte Ausgabe im Jahr 1822 erschienen ist. Weniger passend zu diesem Zwecke, obgleich sonst gleichfalls recht lehrreich ist der von Bode selbst herausgegebne Auszug: Betrachtung der Gestirne und des Weltgebäudes. 2te Auflage 1823. Auch Westphals Astrognosie (Berlin bei Reimer) ist ein empfehlenswürdiges Buch. Die vorzüglichsten Sterncharten werden in dem Art. *Sterncharten* angeführt werden. *B.*

Astrologie.

Astrologia oder *Astrologia judiciaria sive genethliaca;* Astrologie; *Astrology.* Mit diesem Namen, der

1 J. W. Pfaff über Planeten-Conjunction und den Stern der drei Weisen. Bamberg. 1821.

Digitized by Google

eher die Sternwissenschaft anzudeuten bestimmt scheint, hat man seit langer Zeit die Sterndeutekunst oder die Kunst, die Schicksale der Menschen aus den Sternen zu prophezeihen, belegt. Den Ursprung dieser trügerischen Lehren braucht man wohl nicht, wie Bailly glaubt[1] in der Beobachtung, dafs die Gestirne auf die Witterung Einfluss haben, zu suchen, sondern weit mehr in dem, dem Menschen so sehr eigenthümlichen, Hange, das was sein Leben und seine Schicksale betrifft, als an das grofse Ganze angeknüpft zu betrachten, und in dem Wunsche, den Schleier zu heben, der uns die Zukunft verbirgt. Aber so natürlich es im Allgemeinen scheint, dafs man auch die irdischen Begebenheiten als zur vorherbestimmten Zeit geschehend ansehen mochte und sie sofern mit dem sichern und bestimmten Laufe der Himmelskörper in Verbindung setzte, so unbegreiflich bleibt es doch, wie man wähnen konnte, dafs menschliche Klugheit diesen Zusammenhang enträthseln könne; und man mufs wohl einräumen, dafs die Astrologen selbst mehr durch Eigennutz als durch Ueberzeugung bei der Ausübung ihrer Kunst geleitet wurden, wiewohl auch manche durch Gewöhnung oder durch Vertrauen auf ihre Lehrer selbst zum Glauben an die Wahrheit ihrer Vorhersagungen gekommen seyn mögen.

Dafs diese Kunst aus dem höchsten Alterthume herstammt, ist bekannt, und dafs dem Unwesen der Astrologie schon bei den Römern durch Gesetze Grenzen gesetzt werden mufsten, ist gleichfalls bekannt. Einige Schriften, die man (ungewifs ob mit Recht) dem Ptolemaeus zuschreibt, sind astrologisch[2]. Bei den Arabern und im Mittelalter wurde die Astrologie mit grofsem Eifer getrieben, und erst gegen das Ende des funfzehnten Jahrhunderts scheint Johannes Pico Graf von Mirandula der erste gewesen zu seyn, welcher die Astrologie mit Gründen bekämpfte[3]. Dennoch dauerte der Glaube an die Astrologie sehr lebhaft fort, und

1 Geschichte der Sternkunde des Alterthums I. 310.

2 Ptolemaei liber quadripartitus, i. e. de futuris contingentibus, cum Centiloquio ejusd. Venet. 1484.

3 Joh. Pici Mirandulae Comitis libri XIV contra astrologiam.

es ist bekannt, dafs selbst im siebzehnten Jahrhundert noch Nativität gestellt wurde, dafs man selbst den natürlichen Lauf der Sterne als in Verbindung stehend mit den Welt-Ereignissen und den Schicksalen einzelner Menschen ansah, und ungewöhnliche Erscheinungen, besonders Kometen, als besondere Zeichen bevorstehenden Unglückes und als Verkündiger des göttlichen Zornes ansah. Dafs selbst Kepler, obgleich er sagt, die Astrologie habe multum vanitatis et majori ex parte indigna est, in qua bonae horae collocentur[1], dennoch sich nicht ganz von ihr losreifsen konnte, sieht man aus dem vierten Buche der Harmonice mundi, wo er wenigstens einen gewissen allgemeinen Zusammenhang der Constellationen und der geistigen und körperlichen Beschaffenheit der unter solchen Constellationen Gebornen zugesteht, wenn er gleich dabei so viele Beschränkungen macht, dafs man mit den sehr bestimmten Vorhersagungen ziemlich ins Gedränge zu kommen scheint.

Wie hoch geehrt die Astrologen in frühern Zeiten waren, davon erzählt von Zach ein Beispiel[2]; aber zugleich erzählt er auch, wie die Verständigern schon im 16ten Jahrhundert den berühmten Wahrsager Nostradamus verspotteten, während der französische Hof ihn mit den gröfsten Ehrenbezeugungen überhäufte. In den folgenden Zeiten schien die Astrologie gänzlich verschwunden zu seyn. Das freie Aufstreben der gesunden Vernunft, und die immer weiter verbreiteten reineren Religionsbegriffe schienen den Sieg über Aberglauben und Irrthum errungen zu haben, und ihr heilbringendes Licht immer mehr durch alle Volksclassen zu verbreiten. Aber so wie fast nie ein Fortschreiten zum Besseren ganz ununterbrochen fortgeht, so scheint es auch hier der Fall zu seyn. Während noch immer der gröfsere Theil unsrer Nation mit rühmlichem Eifer sich bestrebt, Wahrheit zu verbreiten, Aberglauben und Irrthum zu bekämpfen, und durch einen weisen und freien Gebrauch der Vernunft, Tugend und Religion wahrhaft zu begründen, fängt eine Classe von Mystikern an, der Vernunft ihren

1 s. Kepler de nova stella in pede serpentarii. Cap. 2.
2 Correspondance astronomique Vol. III, p. 547.

Digitized by Google

Werth und ihre Würde abzusprechen und dadurch — während sie wohl glauben mögen, der wahren Gottesverehrung zu dienen, — dem Aberglauben wieder Zugang zu gestatten. Welchen Einfluſs diese mystische Secte auch in Beziehung auf unsern Gegenstand hat, kann man in Schuberts Kosmologie sehen, und wenn J. W. Pfaffs astrologische Schriften[1] mehr Eingang finden sollten, als es bisher der Fall gewesen ist, so dürfen wir es sicher jener Verachtung der uns von Gott geschenkten Vernunft, zur Last legen.

Doch diese Recidive einer alten, fast ganz gehobnen, Krankheit werden allmählig auch wieder geheilt werden.

B.

Astronomie.

Sternkunde, Himmelskunde; *Astronomia*; Astronomie; *Astronomy*; (Von ἀστήρ Stern, und νόμος, Gesetz, weil sie die Regeln angiebt, nach welchen sich die Gestirne bewegen) ist der Inbegriff aller der Kenntnisse, die wir von den Weltkörpern und ihren scheinbaren und wahren Bewegungen besitzen und erlangen können. Sie soll uns also theils lehren, wie man aus den beobachteten und scheinbaren Bewegungen der Gestirne ihre wahren Bewegungen, ihre wahren Entfernungen u. s. w. herleiten kann, theils soll sie uns mit dem bekannt machen, was man von der natürlichen Beschaffenheit der Himmelskörper entdeckt hat. Der erstere Gegenstand der allerdings der wichtigste ist, und wegen der unabänderlichen Gesetze, welchen die himmlischen Bewegungen unterworfen sind, mit so grofser Vollkommenheit und Genauigkeit erforscht werden konnte, ist es vorzüglich auf den die astronomischen Forschungen von jeher gerichtet gewesen sind. Man pflegt die dahin gehörigen Lehren der Astronomie in drei Abtheilungen zu bringen:

1. Die *sphärische Astronomie*, *(astronomia sphaerica)* welche die Erscheinungen, so wie sie sich an der Himmelskugel darstellen, betrachtet, die Lage oder Stellung der Gestirne gegen die Kreise, worauf man sie am bequemsten bezieht, kennen lehrt u. s. w.

---

1 J. W. Pfaffs Astrologie Bamberg 1816. und J. W. Pfaff über Planeten-Conjunction und den Stern der drei Weisen. Bamberg 1821.

Digitized by Google

2. Die *theorische Astronomie*, *(astronomia theorica)* welche aus der Beobachtung die wahren Bahnen der Himmelskörper zu bestimmen, und also zu entscheiden sucht, ob die Unregelmäfsigkeiten, die wir in dem scheinbaren Laufe der Planeten bemerken, nicht vielleicht blofs daher entstehen, weil wir sie aus einem ungünstigen Standpuncte sehen oder vielleicht gar selbst unsern Standpunct ändern.

3. Die *physische Astronomie*, *(astronomia physica)* welche die Naturgesetze angiebt, nach denen die Bewegungen erfolgen, und diese selbst daraus nach den Regeln der Mechanik berechnen lehrt. Zu der physischen Astronomie mufs man dann auch noch die Kenntnifs dessen rechnen, was wir über die natürliche Beschaffenheit entfernter Weltkörper beobachten können. — In diesen drei Abtheilungen ist das ganze System der Astronomie enthalten; aber um selbst das Gebiet dieser Wissenschaft zu erweitern, mufs man aufserdem noch sich die Kunst zu beobachten erwerben, und in der Ausführung der vielen und weitläuftigen Rechnungen, welche die Astronomie fordert, eine Fertigkeit besitzen. Die beiden letztern Gegenstände, welche in der *beobachtenden Astronomie (astronomia observatoria)* und der *rechnenden Astronomie (astronomia calculatoria)* vorgetragen werden, machen den praktischen Theil der Astronomie aus.

Obgleich eine eigentliche Geschichte der Astronomie hier unmöglich Platz finden kann, so müssen dennoch einige Hauptzüge derselben hier mitgetheilt werden. Die ältesten astronomischen Beobachtungen, die man zu besitzen glaubt, sind chinesische, nämlich eine Conjunction von 5 Planeten, die[1] nach den von Montucla angegebenen Berechnungen 2460 Jahr vor unsrer Zeitrechnung soll statt gefunden haben, (nämlich eine sehr nahe Zusammenkunft des Saturn, Jupiter, Mars, Mercur, Mond), und eine Sonnenfinsternifs 2155 vor Chr. — Ob diese Angaben zuverlässig sind, läfst sich bei der Ungewifsheit, welche überhaupt in Beziehung auf die Angaben der Jesuiten über die *Chinesen* herrscht, nicht ent-

1 Montucla Histoire des mathem. (à Paris. an VII.) I. 455.

scheiden. Auch die *Chaldäer* rühmten sich, schon seit 1900 Jahren vor Alexander, Beobachtungen zu besitzen [1]; aber da Ptolemaeus keine frühern als die Mondfinsternisse aus den Jahren 719 und 720 vor Christo anführt, so läfst sich von den frühern Beobachtungen wohl nicht viel Sicheres behaupten.

Die Beobachtungen der *Aegyptier*, von denen einige alte Schriftsteller erzählen [2], mufs Ptolemäus wohl nicht sehr brauchbar gefunden haben, indem er sie nicht erwähnt, und die so sehr gerühmte [3] Genauigkeit, die in der Orientirung der Pyramiden angeblich statt finden sollte, ist durch neuere Beobachtungen widerlegt worden [4]. Es ist zwar gewifs, dafs die Aegyptier sehr früh Beobachtungen angestellt haben, aber vermuthlich doch zu unvollkommen, um grofsen Werth darauf zu setzen.

Was Bailly, mit grofser Vorliebe für seine Hypothese, von einem sehr wissenschaftlich gebildeten Volke im mittlern Asien angab [5], dessen astronomische Kenntnisse einen hohen Grad von Vollkommenheit sollten besessen haben, ist durch sehr unsichere Angaben begründet, und auch was wir über die Astronomie der Indier wissen, ist höchst ungenügend.

Die Geschichte unsrer Astronomie, der allmähligen Fortschritte, durch welche das System unsrer jetzigen Kenntnisse entstanden ist, fängt erst bei den Griechen an. Unter ihnen ist Thales (geb. 640 vor Chr.) der erste, der seine in Aegypten erworbenen Kenntnisse dadurch zeigte, dafs er eine Sonnenfinsternifs voraussagte [6]. Dafs man ihm die Messung der ägyptischen Pyramiden vermittelst des Schattens als eine merkwürdige Entdeckung nachrühmt, zeigt, dafs die damaligen mathematischen Kenntnisse ziemlich beschränkt waren. Dem Pythagoras (geb. 540 vor Chr.) schrieben einige Nachrichten schon sehr richtige Kenntnisse zu, die indefs mit dunklen Philosophemen vermischt

1 Montucla I. 54.

2 Seneca quaest. naturales VII. 3.

3 Montucla I. 63.

4 von Zach Correspondance astron. I. 321.

5 Bailly histoire de l'astronomie ancienne.

6 Die Quellen dieser Nachrichten findet man bei Montucla angegeben, auf den ich hier meistens nur verweisen werde. Montucla I. 106.

Digitized by Google

waren [1]. Meton und Euktemon setzten, um das Mondenjahr mit dem Laufe der Sonne einstimmig zu erhalten, die auf die 19jährige Periode gegründete Einschaltung fest, nach welcher in 19 Jahren 12 aus 12 Mondwechseln und und 7 aus 13 Mondwechseln bestehend sich befanden. Diese Anordnung ward im Jahr 433 vor unsrer Zeitrechnung eingeführt. Eine hierbei nöthige Verbesserung, um zu hindern, dafs der Anfang des Mondenjahres sich nicht von dem Zusammentreffen mit demselben Orte der Sonne entferne, gab Kallippus (im J. 331) an [2]. — In diesem Zeitraume suchten mehrere Astronomen, unter andern Pytheas die Schiefe der Ekliptik zu bestimmen; u. s. w.

Erst zur Zeit der Ptolemäer machte die Astronomie bedeutendere Fortschritte. Aristill und Timocharis scheinen zuerst ein etwas vollständigeres Verzeichnifs der Fixsterne nach Länge und Breite gemacht, und brauchbare Planetenbeobachtungen angestellt zu haben [3], ums J. 290. Aber vorzüglich bereicherte Aristarch die Astronomie mit neuen Entdeckungen. Nach Archimedes Erzählung lehrte er nicht blofs die Bewegung der Erde [4], sondern widerlegte auch den Einwurf, dafs man vermöge dieser Bewegung Aenderungen in der scheinbaren Stellung der Fixsterne wahrnehmen müsse, durch die richtige Bemerkung, dafs die Bahn der Erde sehr klein in Vergleichung gegen die Entfernung der Fixsterne sey. [5] Eratosthenes [6] machte sich

1 Was Plutarch de plac. philos. II. 20. den Pythagoräer Philolaus sagen läfst, giebt eben kein sehr günstiges Zeugnifs hiefür. — Auch III. 11. scheint eine sehr verkehrte Meinung III. 13. eine einigermafsen richtige anzudeuten. Plutarch selbst mochte indefs nicht genug des Gegenstandes kundig seyn. Aber auch Aristoteles de coelo giebt keine Beweise für ihre richtigen Kenntnisse.

2 Montucla I. 156.

3 Mont. I. 217.

4 Montucla I. 218. Plutarch de plac. philos. II. 24. führt es nur gelegentl. an, so dafs man sieht, wie wenig er die Wichtigkeit einsah. Da wo er eigentlich davon hätte reden sollen Cap. 25. 16. oder Lib. III. Cap. 13. erwähnt er den Aristarch gar nicht.

5 Die wichtige Stelle im Anfange des Arenarius von Archimedes sagt genau das was hier angeführt ist, und zeigt deutlich, dafs Aristarch diese richtige Ansicht wirklich hatte.

6 Mont. I. 239.

Digitized by Google

durch ein richtig angeordnetes Bestreben, die Gröfse der Erde zu bestimmen, berühmt. Hipparch (der von 160 bis 125 beobachtete,) [1] übertraf im Beobachten bei weitem seine Vorgänger; er bestimmte nicht blofs die Länge des Sonnenjahres genauer, sondern machte auch richtige Bestimmungen über die Ungleichförmigkeit der scheinbaren Bewegung der Sonne, und gab diesen gemäfs die Excentricität der Sonnenbahn an. Er lehrte die Bewegung des Mondes genauer kennen. Seine Bestimmung des Ortes der Fixsterne lehrte ihn, durch Vergleichung mit den (etwa anderthalb Jahrhunderte früher angestellten) ältern Beobachtungen, das Rückgehen der Nachtgleichen kennen, u. s. w.

Nach Hipparch hat sich bis auf Ptolemaeus [2], (dessen wichtigste Thätigkeit vom Jahre 125 nach Christo an gerechnet wird,) niemand so sehr ausgezeichnet, dafs er hier erwähnt zu werden brauchte. Von Ptolemaeus besitzen wir bekanntlich ein vollständiges System der Astronomie. Seine Beobachtungen, die ihm zur Verfertigung des noch jetzt vorhandenen Fixsternverzeichnisses führten, bestätigten Hipparchs Entdeckung vom Rückgehen der Nachtgleichen. Seine mit grofsem geometrischen Scharfsinne durchgeführte Erklärung der scheinbaren Bewegung der Sonne und der Planeten haben ihm, (obgleich sie unrichtig war) mit Recht einen grofsen Ruhm erworben, und seine *μεγάλη σύνταξις*, später unter dem Namen *Almagest* bekannt, hat Jahrhunderte hindurch als Hauptlehrbuch der Astronomie gegolten.

Nach ihm trat ein so gänzlicher Stillstand in den astronomischen Forschungen ein, dafs erst die *Araber* [3] unter Almamun (812 bis 833,) uns etwas bemerkenswerthes, nämlich Beobachtungen der Schiefe der Ekliptik, und eine Bestimmung der Gröfse der Erde durch Messung, darbieten. Alferganus, Thebit (starb 901), Albategnius (ums J. 880), Ibn-Junis (ums J. 1000), Alhazen, Almansor sind einige der berühmtesten arabischen Astronomen. Albategnius [4] zeichnete sich durch mehrere genauere Bestim-

1 Mont. I. 258.
2 Mont. I. 293.
3 Montucla. I. 358.
4 Montucla. I. 362.

mungen der von Ptolemaeus angegebnen Abmessungen aus, dessen System er übrigens beibehielt; Ibn-Junis ist durch eigne Beobachtungen und astronomische Tafeln berühmt. — Grofse Erweiterungen verdankt die Astronomie den Arabern nicht, da sie fast ganz dem Ptolemaeus folgten, und sich zu viel mit Astrologie beschäftigten; aber dennoch haben sie der Wissenschaft, theils durch schätzenswerthe Beobachtungen, theils durch Erhaltung der alten Mathematiker, die wir zum Theil ihren Uebersetzungen verdanken, sehr gedient. Einige Jahrhunderte später, als die Astronomie in den Morgenländern unter Dschingis-Chans Nachfolgern blühte, machten sich mehrere Astronomen, besonders Nasir-Eddin (um 1250) und die Astronomen des Ulugh Beigh [1] (um 1430) durch ihre astronomischen Tafeln berühmt.

In Europa waren die Alphonsinischen Tafeln (1252) [2] die erste bedeutende Arbeit der neueren Zeit, die freilich noch meistens durch Ausländer zu Stande gebracht ward. Was aufserdem für die Astronomie in dieser Zeit geschah, ist unbedeutend. Erst um die Mitte des 15ten Jahrhunderts fängt mit Purbach und Regiomontanus (Joh. Müller aus Königsberg in Franken) eine Reihe thätigerer Astronomen an, welche die Wissenschaft wirklich weiter brachten. Regiomontanus machte sich theils durch Uebersetzung der griechischen Astronomen, theils durch eigne Beobachtungen und die für 30 Jahre (1475 bis 1505) berechneten Ephemeriden berühmt. Aber viel merkwürdiger in der Geschichte der Astronomie ist Copernicus (geb. 1473, gest. 1543), der, was man auch immer von den Kenntnissen der Alten in Beziehung auf die Bewegung der Erde sagen mag, doch ganz unstreitig sich den Ruhm erwarb, die Lehre von der Bewegung der Erde durch klare Gründe zu beweisen. Hätten die Pythagoräer [3] die Erscheinungen der Planeten, ihre Rückgänge u. s. w., so wie Copernicus wirklich aus der Be-

1 Mont. I. 391.

2 Auf des Königes Alphons X. von Castilien Befehl und Kosten berechnet. Mont. I. 510.

3 Deren Ansichten nach dem, was sich in Aristoteles de coelo II. 13. findet, höchst verwirrt erscheinen.

Digitized by Google

wegung der Erde erklärt, so würden ihre Ansichten gewifs nicht so ganz unberücksichtiget von ihren, unstreitig recht tief forschenden Nachfolgern, namentlich auch von Ptolemaeus, geblieben seyn. Aber wenn man, wie aus Aristoteles de coelo lib. II. cap. 13. in Beziehung auf die Pythagoräer zu ersehen ist, darin, dafs die Erde sich um das Feuer bewege, die Ursache des Wechsels von Tag und Nacht finden will, wenn man mit dieser Meinung die Annahme einer Gegenerde verband u. s. w.; so mufste freilich selbst ein einsichtsvoller Mann das Wahre unter dem Gewebe gehaltloser Hypothesen aus den Augen verlieren. Aristarch scheint freilich nachher bestimmter über die Bewegung der Erde gesprochen zu haben; aber dafs er die Erscheinungen der Planeten aus der Bewegung der Erde erklärt und den eigentlichen Vorzug seiner Hypothese vor den übrigen gezeigt habe, ist wenigstens nicht bekannt. Auch Copernicus Belehrung fand indefs nicht sogleich allgemeinen Eingang, sondern während Rhaeticus u. a. seine Meinung vertheidigten, setzten selbst grofse Mathematiker und Astronomen dieser Meinung Gründe entgegen, unter denen unstreitig der, dafs man keine Parallaxe der Fixsterne bemerke, die doch vermöge der jährlichen Bewegung der Erde statt finden müsse, einer der stärksten war. Tycho (geb. 1546, gest. 1601) gehörte zu diesen Gegnern; aber er erwarb sich durch seine mit grofsem Fleifse, und mit einer alles frühere übertreffenden Genauigkeit angestellten, zahlreichen Beobachtungen, durch die darauf und auf ältere Beobachtungen gegründeten Bemühungen, die Abmessungen der Bahnen der Himmelskörper genauer kennen zu lernen, einen verdienten Ruhm. Seinen Beobachtungen verdankte es Kepler (geb. 1571, gest. 1631), dafs er die grofsen Entdeckungen über die Gesetze des Laufes der Himmelskörper, wozu sein seltner Scharfsinn ihm den Weg zeigte, vollenden konnte, indem die Genauigkeit der Tychonischen Beobachtungen nicht mehr erlaubte, die bis dahin für unbedeutend gehaltenen Abweichungen der vorausberechneten Orte von den wahren, unberücksichtigt zu lassen. Kepler fand die wahren Bahnen der Planeten und die Hauptgesetze, nach welchen sie in diesen Bahnen fortgehen. Um eben

Digitized by Google

die Zeit brachte Galilaei (geb. 1564, gest. 1642) eine andere Vorbereitung für tiefere Untersuchungen wichtige Arbeit zu Stande, indem er die Gesetze des Falles der Körper bestimmte.

Die um diese Zeit erfundenen Fernröhre setzten Galilaei in Stand, die verschiedenen Phasen des Mercur und der Venus, die Monde des Jupiter u. s. w. zu entdecken; aber er mufste die auf diese Entdeckungen gegründete Ueberzeugung von der Bewegung der Erde schwer büfsen. Die papistische Kirche, welche nicht erlaubte die erkannte Wahrheit zu bekennen, und bei der es ein Grundgesetz ist, dafs man nicht die Wahrheit, sondern das, was die Kirche befiehlt, lehren soll, zwang ihn die ketzerische Lehre von der Bewegung der Erde abzuschwören. — Doch dieser ohnmächtige Versuch, der bessern Einsicht in den Weg zu treten, hatte in einem Zeitalter, das die Ohnmacht des päbstlichen Bannfluchs schon kennen gelernt hatte, auf den gröfsern Theil von Europa keinen Einfluss mehr.

Das 17te Jahrhundert besafs viele recht fleifsige Beobachter, unter denen Hevel vorzüglich und auch Cassini genannt zu werden verdienen. Huygens, der durch die Anwendung des Pendels den Uhren eine viel gröfsere Genauigkeit gab, und durch viele und tiefsinnige theoretische Untersuchungen, die auf die Astronomie Bezug habenden Lehren der Mechanik vervollkommnete, verdient in diesem Zeitraume vorzüglich genannt zu werden, obgleich er neben Newton, der sich mit eben den Lehren der Mechanik gleichzeitig beschäftigte, und seine Forschungen viel weiter ausdehnte, nur als vom zweiten Range erscheint. Newton (geb. 1642, gest. 1727) entdeckte die Gesetze, von welchen alle Bewegungen der Himmelskörper abhängen, und seine Principia legten den Grund zu der vollendeten Kenntnifs des Laufes der Himmelskörper[1], deren sich unser Zeitalter erfreut. Nicht blofs die mechanischen Gründe der von Kepler nur aus Beobachtungen entdeckten Gesetze entwickelte er aufs vollständigste, sondern durch seine Theorie der gegenseitigen Anziehung oder Gravitation aller Kör-

1 S. *Anziehung.*

Digitized by Google

per war die Kenntnifs der Störungen, die dadurch in der elliptischen Bewegung hervorgebracht werden, begründet. Er gab zuerst die rechten Mittel an, um Kometenbahnen zu berechnen, und Halley berechnete darnach eine grofse Zahl von Kometen; die Gestalt der Erde, die Ursache der Ebbe und Fluth ward von ihm bestimmt u. s. w. Den folgenden Zeiten war nur die weitere Ausführung dessen, was er begründet hatte, übrig, und mehrere grofse Mathematiker haben sich hierum verdient gemacht. Am vollendetsten ist alles, was sich aus dem Grundgesetze der *Gravitation* herleiten läfst, von Laplace in seiner mécanique céleste (1799) entwickelt. Dieses wichtige Werk schien alles erschöpft zu haben, was sich über den Lauf der Himmelskörper, ihre Gestalt, über die Ebbe und Fluth u. s. w. sagen liefs, und dennoch gelang es kurz nachher Gauss, noch so wichtige Verbesserungen in der Bestimmung der Planetenbahnen zu entdecken, dafs seine theoria motus corporum coelestium jenem Werke an die Seite gesetzt zu werden verdiente. Was Olbers schon früher (1796) für die Berechnung der Kometenbahnen geleistet hat, die Verdienste von Bessel, Encke u. a. um diesen Gegenstand, kann hier nicht erwähnt werden.

Während so die Theorie und die rechnende Astronomie einen immer gröfsern Grad von Vollkommenheit erhielt, machten die beobachtenden Astronomen die glücklichsten Entdeckungen, und wenn gleich hier der Raum nicht erlaubt, auch nur die mit Recht berühmten Namen alle zu nennen, so mufs ich doch einige der vorzüglich thätigen Beobachter und ihre Entdeckungen erwähnen. Flamstead und noch mehr Bradley zeichnete sich durch eine Reihe sorgfältiger Beobachtungen aus. Mit welcher Umsicht besonders der letztere das ganze Feld der beobachtenden Astronomie umfafste, und welche sichern Resultate seine Beobachtungen darbieten, hat Bessel vollständig gezeigt[1]. Tobias Mayer Lalande, von Zach, Maskelyne, Bessel gehören gleichfalls zu denen, die sich sehr um die beobachtende Astronomie verdient gemacht haben, und theils noch verdient ma-

1 Fundamenta astronomiae a Bradleyo posita.

chen. W. Herschels Entdeckung des Planeten Uranus und seiner Monde, (1781) die Untersuchungen desselben über den Bau des Himmels; Schröters Bemühungen, uns mit der Oberfläche des Mondes genauer bekannt zu machen, Piazzi's Entdeckung der Ceres (1801), Olbers Entdeckung der Pallas (1803) und Vesta (1807), Hardings Entdeckung der Juno (1804) sind bekannt genug. Dafs wir durch Halley, Olbers und Encke die Umlaufszeiten dreier Kometen genau kennen; dafs mehrere Gradmessungen uns die Gestalt der Erde genau kennen gelehrt haben; welche Vervollkommnung der Instrumente wir den neuern Künstlern verdanken und so vieles andre verdiente hier erwähnt zu werden; aber der Raum erlaubt nicht, länger hierbei zu verweilen und die zahlreichen berühmten Namen zu nennen, die noch jetzt thätig sind, um den reichen Schatz, den unsre Vorfahren uns hinterlassen haben, mit dem unermüdetsten Fleifse zu vermehren.

Es ist wohl nicht nöthig, über den Nutzen der Astronomie, der gewifs allgemein anerkannt ist, etwas zu sagen. Und eben so wenig achte ich es der Mühe werth zu zeigen, welche würdige, den Geist erhebende und stärkende Beschäftigung sie darbietet; denn wer dafür einen Beweis bedarf, der verdient nicht, dafs man seine Mühe an ihm verschwende.

Die neuere Zeit ist so reich an Lehrbüchern der Astronomie, dafs es nicht möglich ist, auch nur die besseren alle anzuführen; ich begnüge mich daher, für jede Classe von Lesern einige der besten anzuführen. Für den, der sich mit allen Vorbereitungskenntnissen ausgerüstet hat, ist Schuberts theoretische Astronomie 3 Theile (Petersb. 1798.) und die als neues Werk erschienene neue Auflage Traité d'Astronomie par Schubert. 3 Vol. Petersb. 1822 vorzüglich zu empfehlen. Auch Littrow's theoretische und practische Astronomie. (Wien 1821.) 2 Theile handelt alle Theile der Astronomie sehr vollständig ab, fordert aber, theils weil der Verf. viele Vorkenntnisse voraussetzt, und oft sehr kurz die Lehren der Astronomie abhandelt, theils wegen der zahlreichen Druckfehler sehr geübte und vorsichtige Leser.

Digitized by Google

Für einen minder vorbereiteten Leser sind Bohnenbergers Astronomie (Tübingen 1811) und Piazzi's Lehrbuch der Astronomie, aus dem italienischen übersetzt von Westphal 2 Theile (Berlin 1822) zu empfehlen. Das erstere trägt mit einer vollkommenen Gründlichkeit und ohne Voraussetzung von Kenntnissen die über die sphärische Trigonometrie hinausgehen, selbst die schwierigern Lehren der Astronomie vor; das andre giebt eine mit Beispielen erläuterte Anleitung zu den wichtigsten der gewöhnlich vorkommenden Rechnungen, und wird dem mit guten elementaren Vorkenntnissen ausgerüsteten Dilettanten, der etwa eigne Beobachtungen anstellt und sie berechnen will, von Nutzen seyn.

Wer sich, blofs mit den leichtesten Sätzen der Geometrie und Trigonometrie bekannt, eine möglichst begründete Kenntnifs von den Lehren der Astronomie erwerben will, findet in Bode's Erläuterungen der Sternkunde (3 Aufl. Berlin 1809) und in Schuberts populärer Astronomie, 3 Theile (Petersb. 1804), vorzüglich in dem letztern Buche seine Wünsche befriediget. Für Leser, die ohne mathematische Vorkenntnisse sich eine vollständige Uebersicht von dem, was sich ihnen in einer möglichst begründeten Darstellung von den Erscheinungen des Himmels und den Bewegungen der Weltkörper vortragen läfst, unterrichten wollen, ist es mir wohl erlaubt, neben Fries populären Vorlesungen über die Astronomie, auch mein eignes Buch: Die vornehmsten Lehren der Astronomie, dargestellt in Briefen an eine Freundin, (Leipzig 1816) 2 Theile zu empfehlen. Dieses Buch enthält zugleich im 3 und 4 Theile eine vollständige Erzählung und Beurtheilung dessen, was man durch Beobachtungen von der natürlichen Beschaffenheit andrer Weltkörper weifs oder zu wissen glaubt.

Von den Lehrbüchern, welche bei andern Nationen mit vorzüglichem Beifall aufgenommen sind, verdienen folgende erwähnt zu werden:

Astronomie par Lalande. Traité complet d'Astronomie par Delambre. Par. 1814. III. Tom. 4.

und als populäres Buch:

Biot traité d'astronomie physique Par. 1810. III. vol. 8.

Exposition de Système du Monde. par La Place 5. ed. Par. 1824.

Digitized by Google

Woodhouse elementary Treatise on Astronomie. 2 Vol. 8. Lond. 1823. (ein Buch, das aber mehr als Elementarkenntnisse voraussetzt) und als populäres Buch das oft aufgelegte und auch deutsch bearbeitete Werk:

Fergusons Lectures on Astronomy, edited by Brewster. 2 Vol.

Elementi d'Astronomia, con le applicazioni della Geografia, Nautica, Gnomonica e Cronologia di Giov. Santini. (Padova 1819.)

Für die rechnende Astronomie findet man viele das Einzelne betreffende Anleitungen in den Tafeln, welche die Bewegungen der Himmelskörper angeben. Ebenso wichtige einzelne Bemerkungen findet man auch in den Sammlungen von Beobachtungen; vorzüglich zeichnen Bessels Beobachtungen auf der Königsberger Sternwarte, die vom Jahre 1813 an heraus gekommen sind, sich durch ganz vortreffliche Belehrungen, deren viele auch den Gebrauch der Instrumente betreffen und als höchst schätzbare Anleitungen zur beobachtenden Astronomie anzusehen sind, aus.

Die Geschichte der Astronomie ist in folgenden Werken abgehandelt:

Montucla histoire des mathematiques 4 Vol.

Delambre histoire de l'Astronomie ancienne. Par 1817. II. Vol. 4. Delambre histoire de l'Astronomie du moyen age. Par. 1819. I. Vol. 4. Delambre histoire de l'Astronomie moderne. Par. 1821. II. Vol. 4.

Lalande bibliographie astronomique.

Astronomische Zeitschriften besitzen wir folgende: von Zachs monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde. 28 Bände.

Astronomische Zeitschrift von von Lindenau und von Bohnenberger. 6 Bände.

Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique du Boron de Zach. Des Jahrgangs 1824 erste Hälfte ist der 10te Band — wird fortgesetzt.

Astronomische Nachrichten herausgegeben von Schumacher. 2 Bände — wird fortgesetzt. *B.*

Digitized by Google

Athmen.

Respiration; *respiratio*; respiration; *respiration*. Derjenige Act, vermittelst dessen die Thiere ihr Blut mit der atmosphärischen Luft (dieselbe besitze Gasform oder sey im Wasser im absorbirten Zustande enthalten) in Berührung bringen.

Der Apparat, worin diese Annäherung zwischen Luft und Blut erfolgt, ist bei den drei höhern Thierclassen die Lunge, bei den Fischen die Kiemen, bei den Insecten und Würmern, soweit er bei letztern vorkommt, besteht er bald in Kiemen, bald in Luftröhren.

Athmen des Menschen und der übrigen Säugethiere.

Der Mensch bewirkt das Eindringen der Luft in seine Brusthöhle, das Einathmen oder die Inspiration durch die Anstrengung der Rippenmuskeln und des Zwergfells. Durch die Zusammenziehung der ersteren werden die Rippen an der Seite in die Höhe gezogen, und da sie schräg von hinten nach der Seite zu herablaufen, so wird hierdurch die Brusthöhle erweitert. Das Zwergfell, welches die Brusthöhle nach unten zu schliefst und im Zustande seiner Erschlaffung durch die Bauchmuskeln in die Höhe gedrückt wird, bildet bei seiner Anspannung eine geradere Fläche, drückt den Inhalt des Unterleibes etwas herab, womit Hervortreibung des letzteren und Erweiterung der Brusthöhle verbunden ist. Hören die Rippenmuskeln und das Zwergfell auf, sich zusammenzuziehen, so werden die Rippen wieder sinken, und das Zwergfell durch die Wirkung der Bauchmuskeln in die Höhe gedrückt werden, und hierdurch wird die Brusthöhle verengert, und ein Theil der darin angesammelten Luft durch die Luftröhre ausgestofsen werden; kurz es wird das Ausathmen oder die Exspiration eintreten.

Nach möglichst starkem Ausathmen enthält die menschliche Lunge nach H. Davys Versuchen 35, nach gewöhnlichem Ausathmen 108, nach gewöhnlichem Einathmen 118, und nach möglichst starkem Einathmen 240 Würfelzoll Luft. Es werden nach ihm gewöhnlich 10 bis 13 Würfelzoll ein- und ausgeathmet und zwar 26 bis 27 mal in einer Minute, welches für 24 Stunden

Digitized by Google

400000 bis 500000 Würfelzoll ausmacht. Nach Allen und Pepys nimmt die Lunge beim gewöhnlichen Einathmen 16,5 und in 24 Stunden 460800 bis 475200 Würfelzoll Luft auf; nach Abilgaard [1] bei gewöhnlichem Einathmen 3 bis 6; nach Thomson gar 40, und, 20 Athmenzüge auf die Minute gerechnet, findet er die Menge der in 24 Stunden ein- und ausgeathmeten Luft = 1152000 Würfelzoll oder 52,5 Pfund.

Die athmosphärische Luft zeigt sich, wie dieses schon Lavoisier und Seguin fanden, nach einmaligem Ein- und Ausathmen dem Umfange nach verringert: nach Davy um $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{70}$ nach Pfaff um $\frac{1}{36}$, nach Berthollet um $\frac{1}{145}$ bis $\frac{1}{27}$; nach den Versuchen von Allen und Pepys beträgt die Raumverminderung, die nach ihnen blofs von einem Mangel an Genauigkeit abzuleiten ist, nur $\frac{1}{166}$. Da jedoch neuerdings Despretz sich überzeugt hat, dafs diese Verminderung der Luft constant ist, so darf sie wohl nicht von einem blofsen Beobachtungsfehler abgeleitet werden.

Die ausgeathmete Luft enthält eine geringere Menge von Sauerstoffgas, und dagegen eine dem verschwundenen Sauerstoffgas mehr oder weniger dem Mafse nach entsprechende Menge von kohlensaurem Gas. Nach Dalton, so wie nach Allen und Pepys ist das erzeugte kohlensaure Gas dem verschwundenen Sauerstoffgas dem Umfange nach vollkommen gleich. Enthält z. B. die Luft vor dem Einathmen 79 Mafse Stickgas und 21 Mafs Sauerstoffgas, so enthält sie nach Allen und Pepys nach dem Ausathmen 79 Mafs Stickgas, 12,5 bis 13 Mafse Sauerstoffgas und 8,5 bis 8 Mafse kohlensaures Gas. Dagegen fanden Lavoisier, Goodwyn, Berthollet und Davy, dafs etwas mehr Mafse Sauerstoffgas absorbirt wurden, als kohlensaures Gas erzeugt, und dieses letzte Resultat erhielt auch Despretz. Ist dieses richtig, so folgt, dafs der verschluckte Sauerstoff nicht blofs dient, um mit dem Kohlenstoff des Blutes Kohlensäure zu erzeugen (denn da 1 Mafs kohlensaures Gas 1 Mafs Sauerstoffgas enthält, so müfste dann an die Stelle von jedem Mafs Sauerstoffgas 1 Mafs kohlensaures Gas treten), sondern dafs ein Theil des Sauerstoffs sich mit Wasserstoff des Blutes zu Wasser vereinigt.

---

1 Scherer's J. VI. 666.

Digitized by Google

Die Menge des verbrauchten Sauerstoffgases und erzeugten kohlensauren Gases kann theils mit der *Zeit* verglichen werden, *in welcher*, theils mit der *Luftmenge*, *aus welcher* dieselben respective verschluckt und erzeugt werden. In ersterer Beziehung findet sich, dafs ein erwachsener Mann in 24 Stunden

	verbraucht an Sauerstoffgas		erzeugt an kohlens. Gas		im kohlens. Gas enthaltener Kohlenstoff.	
nach	W. Z.	Gran	W. Z.	Gran	Gran	
Lavoisier u. Seguin	46037	15661	14930	8584	2820	franz.
Menzies	51480	17625				engl.
Davy	45504	15751	31680	17811	4853	engl.
Allen und Pepys	39600	13464	39600	18612	5148	engl.

Da die Luft ungefähr $\frac{1}{5}$ Mafs Sauerstoffgas enthält, so zerstört also ein Erwachsener in 24 Stunden 5×39600 bis 5×51480 Würfelzoll Luft. — Da 1 Gran Kohlenstoff bei seinem Verbrennen 40 bis 96 Gran Eis auf 0° C. schmelzt, so kann durch die Verbindung von 5148 Gran Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Luft so viel Wärme entwickelt werden, als erforderlich ist, um 205920 bis 494208 Gran Eis auf 0° zu schmelzen.

Hinsichtlich des Verhältnisses des verschluckten Sauerstoffgases und erzeugten kohlensauren Gases zu der ganzen Luftmenge, finden sich nach Prout folgende Gesetze:

1. Die Kohlensäurebildung ist bei verschiedenen Individuem sehr verschieden. So enthielten 100 einmal geathmete Luft nach dem Ausathmen an kohlensaurem Gas bei Davy 3,95 bis 4,5, bei Bertholllet 5,53 bis 13,82, bei Allen und Pepys 3,5 bis 9,5, bei Menzies 5, bei Prout 3,3 bis 4,1, bei *Prout's* Freund 4,6, bei Murray 6,2 bis 6,5 bei Fife [1] 8,5 und bei Jürine 10.
2. Die Kohlensäuremenge variirt bei demselben Individuum zu verschiedenen Tageszeiten, so dafs sie zwischen 11 und 1 Uhr Mittags am gröfsten (bei Prout 4,1 betragend) ist, und von der Abenddämmerung bis zur Morgendämmerung am geringsten (bei Prout 3,3 betragend).

1 Thoms. Ann. IV. 334.

3. Ferner nimmt auch die relative Kohlensäuremenge bei demselben Individuum ab bei Einwirkung herabstimmender Leidenschaften, bei und nach heftigen und, zwar nicht bei, aber nach gelinden Bewegungen, ferner beim Genufs von Weingeist und weingeistigen Flüssigkeiten, von Thee, bei vegetabilischer Diät und bei längerem Gebrauch von Quecksilber. — Da jedoch bei starker Bewegung, Genufs von Weingeist u. s. w. die Stärke und Zahl der Einathmungen beträchtlich vermehrt wird, so kann dennoch die Menge der in 24 Stunden erzeugten Kohlensäure viel über das Normale betragen. — Umgekehrt wird die relative Menge der Kohlensäure vergröfsert durch erheiternde Gemüthsbewegungen, gelinde körperliche Bewegung (im Anfang) und durch niedrigen Barometerstand.

Beim Ein- und Ausathmen der atmosphärischen Luft glaubt Davy (der jedoch mit dem unsichern Salpetergaseudiometer experimentirte) *Verminderung ihres Stickgases* gefunden zu haben, welche nach ihm $\frac{1}{17}$ des verschluckten Sauerstoffgases, und in 24 Stunden 2246 Gran engl. betragen soll. Auch Pfaff fand eine $\frac{1}{80}$ bis $\frac{1}{107}$ der eingeathmeten Luft betragende Verminderung des Stickgases. Bei Thomson variirte diese Verminderung beträchtlich. Lavoisier und Seguin desgl. Allen und Pepys bemerkten gar keine, und Berthollet fand sogar beim Athmen von Thieren in eingeschlossener Luft unbedeutende Vermehrung des Stickgases. Letzteres fanden auch Nysten und Dülong, und neuerdings fand auch Despretz in mehr als 200 Versuchen jedesmal Vermehrung des Stickgases in der geathmeten Luft, nie Verminderung. Edwards schliefst endlich aus einigen Versuchen von Allen und Pepys, dafs in der Lunge gleichzeitig Stickgas absorbirt und ausgehaucht wird; sind sich beide Functionen gleich, so ist der Stickgasgehalt der ausgeathmeten Luft nicht verändert, waltet erstere Function vor, so mufs das Stickgas in der ausgeathmeten Luft vermindert, waltet letztere vor, so mufs es vermehrt seyn. Bringt man, wie es Allen und Pepys thaten, Meerschweinchen in reines Sauerstoffgas oder in ein Gemenge von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, so kann blofs die letztere Function eintreten, und sie athmen dann mehr Stickgas aus, als

Digitized by Google

der Umfang ihres Körpers beträgt, und verschlucken etwas von dem Wasserstoffgas, wenn dieses dem Sauerstoffgas beigemengt worden war; sie werden also auch, statt des Wasserstoffgases das Stickgas der Luft verschlucken, wenn sie diese respiriren. Aus allem diesem scheint als ausgemacht hervorzugehen, dafs die Thiere beim Athmen etwas Stickgas ausstofsen, aber ob sie dasselbe auch zu verschlucken vermögen, ist noch nicht aufser allem Zweifel.

Die ausgeathmete Luft enthält viel *Wasserdampf*. Ein erwachsener Mann athmet in 24 Stunden an Wasser aus: nach Menzies 2880, nach Abernethy 4320, nach Thomson 9120, nach Hales 9792 und nach Lavoisier 13704 Gran; das ausgeathmete Wasser enthält etwas thierische Materie.

Waren dem Blute fremdartige gasförmige oder verdampfbare Stoffe beigemischt, so finden sich diese ebenfalls in der ausgeathmeten Luft. Injicirt man oxydirtes Stickgas, Wasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas in das venöse System in so kleinen Verhältnissen, dafs sie vom Blute verschluckt werden, so erregen sie nach Nysten keine heftige Zufälle, und werden durch die Respiration wieder ausgeleert.

Athmet man dieselbe Luftmenge wiederholt ein, bis sie unerträglich wird, so beträgt ihre Umfangsverminderung nach Crawford 0, nach Lavoisier und Goodwyn $\frac{1}{60}$, nach Davy $\frac{1}{18}$, nach Allen und Pepys $\frac{1}{17}$ und nach Pfaff über $\frac{1}{12}$. Luft, worin eine Maus gelassen war, bis sie scheintodt wurde, zeigte sich um $\frac{1}{13}$ vermindert. Die Luft enthält nach diesem mehrmaligen Ein- und Ausathmen viel weniger kohlensaures Gas, als das verschwundene Sauerstoffgas hätte erzeugen können (z. B. nach Allen und Pepys 86 Stickgas, 4 Sauerstoffgas und 10 kohlensaures Gas, da doch 17 Mafse Sauerstoffgas verschwunden waren, welche 17 Mafse kohlensaures Gas hätten liefern müssen). Es wird also wohl vom Blute ein Theil des erzeugten kohlensauren Gases zurückgehalten, wenn es mit einer Luft in Berührung steht, die schon viel kohlensaures Gas enthält.

Athmet ein Mensch, statt atmosphärischer Luft Sauerstoffgas ein, so enthält das ausgeathmete Gas nach Allen und Pepys gegen 11 bis 12 Procent kohlensaures Gas, wäh-

Digitized by Google

rend derselbe Mensch in der atmosphärischen Luft nur 8 bis 8,5 Procent kohlens. Gas erzeugt; auch verschwinden hierbei mehr Mafse Sauerstoffgas, als sich an kohlensaurem Gas erzeugen. Nach Lavoisier und Seguin dagegen verzehren Meerschweinchen in 24 Stunden gleichviel Sauerstoffgas, sie mögen in atmosphärischer Luft oder in Sauerstoffgas eingeschlossen seyn, und letzteres zeigt auf die Thiere keine schädliche Wirkung.

In einem Gemenge von gleich viel Sauerstoffgas und Wasserstoffgas athmen Meerschweinchen nach Lavoisier und Seguin ohne besondere Beschwerde, eben so viel Sauerstoffgas verzehrend, wie in einem Gemenge von gleichviel Sauerstoffgas und Stickgas; nichts vom Wasserstoffgas verschluckend.

Als Davy im ersten Versuche 100 Mafse oxydirtes Stickgas 7 mal ein und ausathmete, im zweiten Versuche 182 Mafse 8 mal; und die vor und nachher in den Lungen befindliche Luft in Rechnung brachte, fand er folgendes:

		Versuch 1		Versuch 2	
		vor dem Athmen	nach dem Athmen	vor dem Athmen	nach dem Athmen
		Mafs	Mafs	Mafs	Mafs
Ein- und ausgeathmetes oxyd. Stickgas		100,0	43,7	182,0	110,6
Noch i. d. Lunge befindliche Luft	Sauerstoffgas	5,6	6,1	5,5	6,3
	Kohlens. Gas	4,1	5,2	4,1	6,8
	Stickgas .	24,3	39,0	24,9	36,3
Gesammtmenge		134,0	94,0	216,5	160,0

Davy nimmt an, das oxydirte Stickgas sey als Ganzes vom Blut absorbirt worden, ohne zersetzt zu werden, die Menge des Sauerstoffgases sey unverändert geblieben, das Blut habe jedoch kohlensaures Gas und viel Stickgas ausgehaucht. Hunde, Katzen, Kaninchen, Mäuse u. s. w. sterben nach Davy schneller in oxydirtem Stickgas als in Luft und Sauerstoffgas, langsamer als in Stickgas; fast eben so schnell sterben sie in mit Wasserstoffgas gemengtem oxydirtem Stickgas; etwas langsamer im oxydirten Stickgas, dem Luft oder Sauerstoffgas beigefügt ist. Nach dem Tode zeigt sich das Blut purpurroth. Die Muskeln sind sehr unreizbar. Im Stickgas und Wasserstoffgas sterben die Thiere, wie es scheint, nicht sowohl vermöge positiv schädlichen Einflusses, als ver-

Digitized by Google

möge negativen, sofern diese Gase das zum Leben erforderliche Sauerstoffgas versagen. Tödtlicher wirken das Kohlenoxyd- und Kohlen-, Phosphor-, Schwefel- und Arsenikwasserstoffgas, welche durch ihre Beimischung zum Blut und Einwirkung auf die Nerven zugleich positiv schädlich zu wirken scheinen, daher sie auch in geringeren Mengen der Luft beigemischt, üble Zufälle oder Tod hervorbringen. — Atmosphärische Luft tödtet nach Thenard und Dürüytren augenblicklich einen Grünfink, wenn sie $\frac{1}{1300}$, einen Hund, wenn sie $\frac{1}{800}$ und ein Pferd, wenn sie $\frac{1}{230}$ hydrothionsaures Gas beigemengt enthält. Die sauren und alkalischen Gasarten, wie kohlensaures, schwefligsaures, salzsaures, Chlor-, Fluorboron- Fluorsilicium-, und Ammoniakgas, gelangen nur bei grofser Verdünnung mit Luft in die Lunge, heftige Erstickungszufälle erregend; für sich eingeathmet veranlassen sie sogleich krampfhafte Verschliefsung der Stimmritze, ehe sie in die Lungen gelangen.

Durchschneidet, drückt oder unterbindet man bei in der Luft athmenden Thieren den Nervus vagus auf beiden Seiten, (die Durchschneidung des einen Nerven bewirkt dies nicht) so sperren sie Maul und Nase auf, das Innere des Mauls wird livid, das gelassene arterielle Blut erscheint schwarzroth, läfst sich jedoch nach Dümas durch künstliches Einblasen von Luft in die Lunge heller roth machen, und die Thiere sterben nach 1 Stunde bis 8 Tagen. Der Tod erfolgt nach Dürüytren, weil nur bei Einwirkung dieses Nerven die Absorption von Sauerstoffgas und Bildung von Kohlensäure erfolgen kann; — nach Dümas, weil die zum Ein- und Ausathmen der Luft erforderliche Bewegung der Brust ohne diesen Nerven nicht gehörig erfolgt; — nach Dübrotay de Blainville, nach welchem die Thiere nach dem Durchschneiden der Nerven eben soviel Luft einathmen, und sie auf gleiche Weise verändern, wie zuvor, weil mit dem Durchschneiden des Nerven der Appetit und die Verdauung gänzlich gestört wird. Dann könnte aber der Tod nicht schon zum Theil nach Stunden erfolgen. — Nach Chaussat erfolgt der Tod durch Erkältung, welche sehr langsam erfolgt und in der ersten Zeit auf jede Stunde 0,25 bis 0,45° C. beträgt. Als Brodie bei Kaninchen den Ein-

Digitized by Google

flufs der Nerven auf die Respiration aufhob durch Abschneiden des Kopfes nach vorangegangener Ligatur, oder durch Einimpfen von Wooraragift oder Bittermandelöl, und das Athmen durch Einblasen von Luft mittelst einer Federharzflasche unterhielt, so wurde hier ungefähr dieselbe Menge von Sauerstoffgas verschluckt und von Kohlensäure erzeugt, wie beim gesunden Thiere, das Herz schlug regelmäfsig, doch etwas langsamer, als im gesunden Zustande, und das schwarze venöse Blut wurde ebenfalls in rothes arterielles verwandelt — allein das Thier erkaltete schneller, als ein auf dieselbe Weise asphyxirtes Thier, bei dem man nicht die künstliche Respiration hervorbrachte, und mit dem Erkalten stockte der Blutumlauf. Durchschneidet man nach Chaussat bei einem Hunde das Hirn beim Pons Varolii, oder den obern Theil des Rückenmarks, oder betäubt ihn durch eine Contusion gegen Scheitel und Hinterhaupt, oder betäubt ihn durch, in die Venen injicirten Opiumabsud, so fährt der Hund meistens zu athmen fort, oft lebhafter als im gesunden Zustande (wo der Hund nicht athmete, wurde die Respiration durch Einblasen der Luft künstlich unterhalten); auch ist der Blutumlauf im Anfang rascher, als im gesunden Zustande. Demungeachtet erkaltet der Hund genau eben so rasch, als wenn er ganz todt wäre, d. h. in der ersten Zeit in jeder Stunde um 2,45° C.; und bei einem gewissen Grade der Erkältung hören diese Functionen auf und der Tod tritt ein. (Hält man einen Hund so lange in kaltem Wasser, bis er bis auf 26 bis 17° erkaltet ist, so stirbt er ebenfalls.) — Durchschneidet man das Rückenmark weiter unten, als wo der Sympathicus maximus entspringt, oder durchneidet man den Nervus vagus, so erfolgt die Erkaltung viel langsamer, Beweis, dafs hier noch Wärme erzeugt wird, aber weniger, als zu gleicher Zeit entweicht. — Exstirpirt man die capsula suprarenalis, auch nur auf einer Seite, wobei der Sympathicus maximus verletzt wird, bevor er in den Plexus semilunaris gelangt, so erkaltet das Thier in jeder Stunde um 1,9° C. und stirbt in 10 Stunden. Unterbindet man die Aorta da, wo sie durch's Zwergfell tritt, so erkaltet das Thier wie im getödteten Zustande um 2,4° C. in 1 Stunde. — Hieraus folgert Chaussart, dafs die Wär-

Digitized by Google

meerzeugung unter der Botmäfsigkeit des Nervensystems stehe, und dafs sie vorzüglich durch den Sympathicus maximus und seine Plexus im Unterleibe bewirkt werde.

Die Veränderungen, welche im thierischen Körper beim naturgemäfsen Ein- und Ausathmen der atmosphärischen Luft erfolgen, sind folgende: 1. Das im rechten Herzen befindliche dunkle Gemisch aus venösem Blut, Lymphe und Chylus, sich durch die Lungenarterie in die feinsten Zweige ergiefsend, welche nur durch eine sehr dünne Membran von der in den Lungenzellen enthaltenen Luft getrennt sind, kehrt aus denselben durch die Lungenvenen als hellrothes arterielles Blut in das linke Herz zurück. — 2. Die thierische Wärme scheint in diesem Athmungsprocefs ihren Hauptquell zu haben. Bringt man so eben geronnenes Blut mit Luft zusammen, so färbt es sich nach Berthollet purpurroth, und verwandelt, ohne Umfangsveränderung der Luft, einen Theil ihres Sauerstoffes in Kohlensäure. Nach Thenard färbt sich geschlagenes, vom Faserstoff getrenntes Blut mit Sauerstoffgas rosenroth, mit oxydirtem Stickgas braunroth, mit Ammoniackgas kirschroth, mit Kohlenoxyd-Kohlenwasserstoffgas und Salpetergas violettroth, mit Schwefel- und Arsenikwasserstoffgas dunkelviolett, mit salzsaurem Gas kastanienbraun, mit schwefelsaurem und Chlorgas schwarzbraun.

Theorie der Respiration.

Nach Lavoisier[1] haucht das Blut, ohne mit der Luft in Berührung zu kommen, in die Lungenzellen eine Flüssigkeit aus, die vorzüglich Kohlenstoff und Wasserstoff enthält; diese beiden Stoffe vereinigen sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure und Wasser, welche nebst dem ausgehauchten, nicht erst neu erzeugten, Wasser mit der ausgeathmeten Luft entweichen. Nach Thomson und Anderen vereinigt sich der Sauerstoff der eingeathmeten Luft sogleich mit dem Kohlenstoff des ihm dargebotenen Bluts, um Kohlensäure und Wärme zu erzeugen. Hierfür spricht besonders, dafs das Blut in der linken Herzkammer

1 Scherer J. X. 565.

und in der Carotis der Lämmer, Schafe und Ochsen von J. Davy[1] um $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$° Fahr. wärmer gefunden wurde, als in der rechten Kammer und in der Jugularis. — Nach Lagrange wird der Sauerstoff der eingeathmeten Luft anfangs nur lose vom Blute gebunden, und vereiniget sich erst während des Laufes des arteriellen Blutes durch die verschiedenen Organe, deren Thätigkeit es unterhält, innig, unter Wärmeentwickelung, mit dem Kohlenstoff des Bluts zu Kohlensäure, die dann vom Blute verschluckt bleibt, bis es wieder in die Lungen gelangt, wo es diese Kohlensäure ausathmet, und wieder Sauerstoffgas aufnimmt. Nach dieser Theorie ist es erklärlich, warum in der Lunge keine höhere Temperatur statt findet, als in andern Theilen des Körpers. Vielleicht tritt der Sauerstoff zuerst mit dem Blutroth in eine lose Verbindung, wodurch dessen Farbe erhöht wird. Zwar scheint es nach dieser Theorie schwierig, zu erklären, warum bei jedem Athemzuge die Menge des verschluckten Sauerstoffgases der Menge des entwickelten kohlensauren entspricht; allein dieselbe Blutmenge, welche sich in der Lunge in Berührung mit der Luft vorfindet, wird beim vorigen Aufenthalte in der Lunge ebensoviel Sauerstoffgas aufgenommen, und später daraus Kohlensäure, die dann ausgeathmet wird, erzeugt haben, als sie jetzt wieder Sauerstoffgas aufnimmt.

Athmen der Amphibien.

Ein junges Krokodill 1 Stunde 43 Minuten in 1000 Mafs Luft befindlich, welche 711 M. Stickgas, 274 Sauerstoffgas (durch das Salpetergaseudiometer bestimmt) und 15 kohlensaures Gas enthält, vermehrt ihren Umfang um 124 Mafs; diese 1124 Mafs bestehen aus 106,8 Sauerstoffgas 938,2 Stickgas und vielleicht einem andern Gas und 79 kohlens. Gas [2]. Eine Schildkröte lebt lange im luftleeren Raum der Luftpumpe und in für andere Thiere irrespirabeln Gasarten; sie stirbt unter Oel erst in 24 bis 36 Stunden [3]. Frösche leben nach Carradori noch lange im luftleeren

1 Schweig. J. XV. 461.

2 v. Humboldt bei Gehlen N. J. I. 334.

3 Carradori in Ann. de Chim. et Phys. V. 94.

Digitized by Google

Raume und in verdorbener Luft, sterben aber unter Oel in weniger als 1 Stunde. Blofs unter lufthaltendem Wasser halten sie es einige Zeit aus und sterben erst in 7 bis 8 Stunden, während sie in ausgekochtem vor der Luft verwahrtem Wasser in $\frac{1}{4}$ Stunde sterben. — Froschlarven bedürfen nicht des Athmens in der Luft, sondern nur des Athmens in lufthaltigem Wasser, während sie in luftfreiem Wasser in wenigen Secunden sterben.

Athmen der Fische.

Die Fische sterben in ausgekochtem, vor Luftzutritt verwahrtem Wasser in 5 Minuten, desgl. bald in kleinen Wassermengen, die nicht rasch genug Luft aufnehmen können; sie bedürfen jedoch nicht des Schnappens nach Luft, wenn das Wasser hinlänglich Luft hält, nach Düverney, Prietsley, Spallanzani, Carradori v. Humboldt und Provençal. Sie verzehren nach den beiden letzteren Naturforschern viel weniger Sauerstoff als gleich grofse warmblütige Thiere; auch ist ihre Temperatur nicht merklich verschieden von der des umgebenden Mediums. Wenn die Fische 100 Mafs Sauerstoffgas absorbiren, so absorbiren sie zugleich 19 bis 87 Mafs Stickgas, und erzeugen 20 bis 89 Mafs kohlensaures Gas; also nehmen sie viel Sauerstoff und Stickstoff auf. Sie vermögen selbst mit 1000 Mafs Stickgas gemengtes Sauerstoffgas abzuscheiden. Beim Athmen in der freien Luft absorbiren die Fische nicht mehr und nicht weniger Sauerstoffgas, als beim Athmen in lufthaltigem Wasser. — Die Fische, namentlich die Schleihen, absorbiren nicht blofs mit den Kiemen, sondern mit der ganzen Oberfläche ihres Körpers Sauerstoffgas, kohlens. Gas erzeugend, wenn sie sich mit dem Körper in lufthaltigem Wasser befinden, aber nicht, wenn ihr Körper mit der freien Luft in Berührung steht. Aus Wasser, welches mit Sauerstoffgas und Wasserstoffgas imprägnirt ist, nehmen sie viel Sauerstoff, aber keinen Wasserstoff auf, so wie sich auch nacher in der Schwimmblase kein Wasserstoffgas findet; in wäfsriger Kohlensäure und wäfsrigem Chlor, wenn gleich diese Flüssigkeiten auch Luft enthalten, sterben die Fische in wenigen Minuten; auch sterben sie schnell in kohlensau-

Digitized by Google

rem Gase, während sie in Stickgas und Wasserstoffgas, in denen sie ihre Kiemendeckel schliefsen, erst in 5 Stunden sterben.

Athmen der Insecten.

Die Insecten ersticken nach Carradori in Oel sogleich, manche, wie Tenebrio-Arten, leben 8 Tage und länger, sich so lebhaft, wie zuvor, bewegend, unter der Luftpumpe, in einer verdünnten Luft von 1 bis 2 Millimeter Spannung [1]. In der Luft absorbiren die Insecten nach Spallanzani bei weitem mehr Sauerstoffgas, als viel gröfsere Amphibien; nach Scheele sterben Fliegen in eingeschlossener Luft nach einigen Tagen, nachdem sie ohne Veränderung des Umfangs $\frac{1}{4}$ der Luft in kohlensaures Gas verwandelt haben.

Athmen der Würmer.

Auch von Blutigeln, Schnecken, Muscheln u. s. w., weifs man durch Scheele und Spallanzani, dafs sie der Luft oder des lufthaltenden Wassers zu ihrem Leben bedürfen, und dafs sie Sauerstoffgas absorbiren und Kohlensäure erzeugen [2].

G.

---

1 Biot in Ann. de Chim. et Phys. IV. 325.

2 Ueber diesen Gegenstand sind nachzusehen: Scheele in Opusc. I. 110. — Priestley in Crell chem. Journ. I. 207. — Goodwyn, on the connexion of life with respiration. London 1788. — Crawford Exp. and Observ. on animal heat. London 1788. übers. von Crell 1789. — Menzies tentamen physiologicum de respiratione. Edinb. 1790; auch im Auszug in Crell Ann. 1794. II. 35. — Lavoisier in s. Schriften übers. von Weigel III. 40. — Seguin in Journ. de Phys. 1790. p. 467. — Lavoisier und Seguin, in Ann. de Chim. XCI. 318. — Davy bei G. XIX. 298. — Carradori in Scher. J. II. 669 und 676. — Spallanzani, in Gehl. N. J. III. 359. — Pfaff ebend. V. 103. — Schübler bei G. XXXIX. 300. — Dürüytren in Ann. de Chim. LXIII. 35. — Ducrotay de Blainville in Gehlen J. VII. 552. — Dümas ebend. IX. 744. — Provençal und Humboldt in Schweig. J. I. 86. — Bertholler ebend. I. 173. — Brodie bei G. XLVI. 80. — Allen und Pepys in Schweig. J. I. 182. — La Gallois in Ann. de Chim. et Phys. IV. 5 und 113. — Prout in Thoms. Ann. II. 328. und IV. 331, auch in Schweig. J. XV. 47. — Chaussat in J. de Phys. XCI. 5 und 92. — De la Rive in Ann. de Chim. et Phys. XV. 103. — Edwards ebend. XXI. 35; auch in G. LXXIII. 345. — Desfretz in Ann. de Chim. et Phys. XXVI. 337.

Digitized by Google

Atmometer.

Atmidometer; Evaporometer; Ausdünstungs- oder Verdunstungsmafs; *Atmometrum; Exatmoscopium; Evaporatorium;* Atmomètre; werden diejenigen Vorrichtungen und Apparate genannt, deren man sich bedient, die Menge des unter gegebenen Bedingungen verdunstenden Wassers zu bestimmen, vorzugsweise aber bezeichnet man damit solche, welche bestimmt sind, die Gröfse der Verdunstung des Wassers von der Oberfläche der Erde an verschiedenen Orten zu messen, um dieselbe mit der Quantität der Niederschläge aus der Atmosphäre zu vergleichen. Inzwischen sind die modificirenden Bedingungen, welche auf die natürliche Verdunstung Einfluss haben, so vielfach, so zusammengesetzt und so schwer nachzubilden, dafs es bis jetzt noch kein vollkommenes Atmometer giebt. Am einfachsten war es, Wasser in Gefäfse von bestimmter Oberfläche der freien Luft auszusetzen, und die Menge des in einer gegebenen Zeit verdunsteten nach Mafs oder Gewicht zu bestimmen.

Schon früh bediente man sich als eines feinen Instrumentes, um auch kleine Quantitäten des verdunsteten Wassers zu messen, eines bleiernen Gefäfses 0,5 bis 1 Quad. F. Fläche bei 3 Z. Tiefe haltend, setzte dieses mit Wasser gefüllt auf eine Waagschale ins Gleichgewicht, und bestimmte die Quantität des verdunsteten nach den Graden, welche die Zunge des Waagebalkens an einem getheilten Kreisbogen durchlief. Ein solches Werkzeug beschreibt Leutmann[1] als von ihm so eben erfunden. Musschenbroek[2] bediente sich bei seinen zahlreichen Versuchen zum Wasser der Verdunstung zweier Gefäfse von Blei, 36 Quad. Z. Fläche bei 6 und 12 Z. Höhe haltend, und schlofs aus den Versuchen, dafs die Verdunstung im Freien bei gleichen Flächen sich wie die Cubikwurzeln aus der Höhe der Gefäfse verhalte, im Zimmer aber blofs den Flächen proportional sey. Richmann[3] fand die Erscheinung bestätigt, leitete sie aber richtig aus dem Einflusse der Tem-

1 Instrumenta Meteorognosiae inservientia cet. Wittenb. 1725. p. 144.
2 Tentamina exper. capt. in Ac. del Cim. II. 62.
3 Com. Pet. XIV. 273. Nov. Com. Pet. I. 198. II. 134.

Digitized by Google

peratur auf die gröfsere Oberfläche der tieferen Gefäfse ab, eine Erklärung, welche auch auf die Behauptung Sedileau's paſst, dafs aus kleineren Gefäfsen verhältnifsmäfsig mehr als aus gröfseren verdunste, und überhaupt die Quantität des verdunsteten Wassers gröfser sey, wenn die Seiten des Atmometers der Luft frei ausgesetzt sind[1]. Wallerius erhielt daher bei ungleich tiefen Gefäfsen von gleicher Oberfläche gleiche Mengen des verdunsteten Wassers, wenn er sie in Thon versenkte[2]. In Lamberts[3] zahlreichen Versuchen ist ein Einfluſs der Tiefe der Gefäfse nicht anzutreffen, wohl aber in denen von Cotte[4], im Widerspruche mit den genauen durch Flaugergues[5] erhaltenen Resultaten, nach welchen die Verdunstung unter übrigens gleichen Umständen der Oberfläche proportional ist. Auch späterhin folgerte Cotte[6] aus einer Reihe eigener und fremder Versuche, dafs die Stärke der Verdunstung aus cubischen Gefäfsen den Oberflächen umgekehrt proportional sey, ohne den Einfluſs zu besücksichtigen, welchen warme Luft und Sonnenstrahlen auf diesen Proceſs nach der verschiedenen Beschaffenheit der Gefäfse ausüben.

So unbezweifelt es indefs auch ist, dafs unter übrigens gleichen Bedingungen die Stärke der Verdunstung der Gröfse der Oberfläche nahe proportional, und daher durch die genannten gemeinen Atmometer meſsbar seyn muſs, so können doch einestheils die Schlüsse aus solchen Messungen nur auf die Verdunstung der Wasserflächen, nicht aber des Landes passen, anderntheils aber kommen noch so viele anderweitige Bedingungen in Betrachtung, welche die Resultate solcher Versuche, anders als die freie Verdunstung, modificiren, dafs sie auf keine Weise für rein anzusehen sind. Diesem kann keineswegs durch den Vorschlag Richmann's[7] abgeholfen

1 Mém. de l'Ac. X. 30.
2 Schwed. Abh. VIII. 3. IX. 235.
3 Mém. de Berl. 1769. p. 68. 1772. p. 65. Vergl. Lambert's Hygrometrie cet. a. d. Fr. Ausgb. 1774 u. 1775. 8.
4 J. de Ph. XVII. 306. Mém. de l'Ac. X. 30.
5 J. de Ph. LXV. 447.
6 J. de Ph. LXVIII. 439. LXXII. 206.
7 Comm. Pet. XIV. 273.

werden, wonach das Atmometer mit einem gröſseren bedeckten verbunden werden soll, um gegen den Regen zu schützen, und das Niveau stets gleich hoch zu erhalten. Aus gleichen Gründen kann auch ein anderer, von eben demselben angegebener[1], sehr zusammengesetzter Apparat, vermittelst dessen die Verdunstung des Wassers nach Gewichten an einer Scale gemessen werden soll, den beabsichtigten Zweck nicht erreichen. Am meisten werden unstreitig die Bedingungen der natürlichen Verdunstung der Wasserflächen durch einen Vorschlag Saussüre's[2] erfüllt, wonach ein Gefäſs von gemessener Oberfläche, mit Wasser gefüllt, in einem Teiche oder Flusse erhalten werden soll, damit Wärme, Wind u. s. w. eben so auf diese kleine Fläche wirken, als auf die grofse, und um den Einfluſs der bald höheren bald niedrigern Ränder und des sich hebenden Bodens aufzuheben, ein gröſseres Gefäſs damit zu verbinden, um das Niveau constant zu erhalten, endlich aber den Zugang des Regenwassers durch ein Regenmaſs zu bestimmen. Die letztere Bedingung hebt aber, wie man leicht wahrnimmt, die Genauigkeit der Resultate wieder auf, indem hiernach ein solches Gefäſs hervorragende Ränder haben muſs, um durch den Regen nicht überfüllt zu werden, deren Einfluſs auf die freie Bewegung der Luft und auf die ungleiche Erwärmung als Folge der Sonnenstrahlen unverkennbar ist. Diesemnach lassen sich solche Versuche mit der gehörigen Genauigkeit nur mit Atmometern anstellen, welche sehr niedrige Ränder haben, mit einem den Abgang ersetzenden Gefäſse verbunden sind, und in Seen oder Teichen nur so lange hingestellt werden können, als das Wasser nicht durch den Wind bewegt wird, und atmosphärische Niederschläge die Messung nicht unmöglich machen, wobei dann nach den Ergebnissen der Beobachtungen während kürzerer Zeit unter verschiedenen Bedingungen der Temperatur u. s. w. auf die Verdunstung im Ganzen in genäherten Werthen geschlossen werden müſste. Die Construction eines solchen Apparates bietet sich einem jeden ohne Weiteres von selbst dar.

---

1 Com. Pet. II. 121.

2 Essais sur l'hygrometrie cet. Laus. 1783. 8. §. 249.

Digitized by Google

Ungleich leichter ist die Construction derjenigen Atmometer, durch welche man die Verdunstung unter verschiedenen Bedingungen blofs vergleichend zu bestimmen sucht. Ein solches, den oben erwähnten ähnliches, hat Saussüre[1] gleichfalls angegeben. Dasselbe besteht aus einem flachen Gefäfse auf einer Waage, mit einer bestimmten Menge Wassers gefüllt, dessen Verminderung durch das Gewicht bestimmt wird. Aehnlicher Gefäfse bediente sich Dalton[2], um die Stärke der Verdunstung bei ungleichen Temperaturen zu messen.

Will man dagegen diejenige Verdunstung prüfen, welche bei der Oberfläche der Erde statt findet, so ist es gleichfalls kaum möglich, die hierbei zu berücksichtigenden, eben so mannigfaltigen, als stets wechselnden Bedingungen, namentlich den Grad der Trockenheit des Bodens, seine Lockerheit, seine Kraft, die Feuchtigkeit aus der Tiefe anzuziehen und sie festzuhalten, den Einfluss der bedeckenden Pflanzen u. s. w. künstlich nachzubilden. Um indefs mindestens die Menge des von stets feuchter Erde verdunstenden Wassers zu bestimmen, schlägt Bellani[3] ein heberförmiges Gefäfs vor, Fig. 87.
dessen einer hinlänglich weiter Schenkel mit einem Deckel von wenig gebrannter und unglasirter, ebendaher aber poröser, und somit durch das aufsteigende Wasser stets feuchter, Erde verschlossen ist. Zweckmäfsiger würde es seyn, mit Rücksicht auf die verschiedenen Erdarten, ihre Kraft, die Feuchtigkeit festzuhalten, und die dieser umgekehrt proportionale Grösse der Verdunstung vermittelst eines einfachen Apparates zu messen. Dieser dürfte nur aus einem blechenen Gefässe M, unten mit der einmal gebogenen Röhre bc Fig.
versehen, und einem andern B, mit der zu untersuchenden 88.
Erdart gefüllten, von bekannter Oberfläche bestehen, welches letztere am zweckmäfsigsten in die Erde gegraben werden müfste, um den Einfluss der Sonnenstrahlen auf die Seitenwände zu vermeiden. In letzterem ist ein Raum

1 a. a. O. §. 250. Vergl. Lampadius Beiträge zur Atmosphärologie. Freyb. 1817. p. 33.

2 Memoirs of the Lit. and Phil. Soc. of Manchester. V. 2. p. 574. G. XV. 121.

3 Brugnat. Ann. di Fis. Dec. II. III. p. 166.

Digitized by Google

durch eine mit feinen Löchern versehene Platte so abgesondert, dafs das Rohr c höher und tiefer hineingesenkt werden kann. Wird dann die Oeffnung der Röhre c mit dem Finger verschlossen, das Gefäfs M durch die obere Oeffnung mit Wasser gefüllt und mit der Schraube a luftdicht verschlossen, dann die Röhre c in den ihr bestimmten Raum im Gefäfse B schnell hineingesenkt, so wird das Wasser vermöge des Luftdruckes bis zu einer, durch die Tiefe, bis zu welcher die Oeffnung der Röhre c herabgedrückt wird, bestimmbaren Höhe steigen, und hiernach die Erde von unten auf mehr oder weniger feucht werden. Die Stärke der Verdunstung liefse sich dann entweder nach dem Gewichte oder dem Mafse bestimmen.

Nach gleichen Grundsätzen, als welche Bellani befolgt hat, ist das von Leslie[1] vorgeschlagene Atmometer construirt. Dieses besteht aus einem leicht gebrannten, porösen, das Wasser durchlassenden thönernen Gefäfse A. In
Fig. 89. dasselbe wird die Glasröhre dc eingesenkt, welche calibrirt, und so eingetheilt ist, dafs ein Ueberzug der Kugel von Wasser, 0,001 Zoll betragend, einem Grade derselben entspricht. Oben ist die Röhre mit der Fassung a versehen, welche mit der Schraube b fest verschlossen werden kann. So wie also das Wasser im Gefäfse A an die Oberfläche dringt, dort verdunstet, und daher sinkt, wird eine Luftblase in der Röhre cd aufsteigen, und das Wasser nachsinken, wodurch man die Quantität des verdunsteten messen kann. Ist die Röhre gefüllt, zugeschraubt und in das mit Wasser gefüllte Gefäfs gesenkt, so wischt man letzteres aufsen ab, und hängt das Ganze im Freien auf, verhütet aber das Herabträufeln des Wassers von der Kugel, welches bei schwacher Verdunstung wohl statt finden könnte. Ist dann die Oberfläche der stets feuchten Kugel bekannt, und die Quantität des in gegebener Zeit verdunsteten Wassers gleichfalls, so hat man die Stärke der Verdunstung, welche nicht geändert wird, die Oberfläche mag glänzend vom Wasser oder an-

---

1 Ann. of Phil. I. 467. Kurzer Bericht von Vers. u. Instrum. die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Von J. Leslie. Ueb. von Brandes. 1823. p. 84.

Digitized by Google

scheinend trocken seyn. Der Vorzug eines, nach Bellani's Angabe construirten Instrumentes besteht indefs darin, dafs dasselbe eine gröfsere und leichter, wie auch mit mehr Genauigkeit zu berechnende Oberfläche hat, auch bei ihm kein Abtröpfeln statt findet.

Beiden nachstehend, obgleich von dem Erfinder dazu bestimmt, die Mängel des von Leslie angegebene zu ersetzen, ist dasjenige Atmometer, welches A. Anderson[1] in Vorschlag bringt. An eine, etwa eine Linie weite Glasröhre wird die Kugel A und an das krummgebogene Ende derselben die andere Fig. B geblasen, letztere mit Weingeist gefüllt, dieser einige Zeit 90. im Sieden erhalten, und wenn dadurch der Apparat luftleer geworden ist, das in eine Spitze ausgezogene Ende der Röhre bei c zugeblasen, dann der Apparat an die Seale de befestigt, die Kugel A mit feinem leinenen oder baumwollenen Zeuge umgeben, und dieses aus einem nebenstehenden Gefäfse mit Wasser vermittelst eines Streifens Zeug oder Papier stets feucht erhalten. Indem das Wasser der feuchten Hülle, welche die Kugel A umgiebt, verdunstet, wird Kälte erzeugt, der Weingeist aus der Kugel B durch Verdunstung in die Kugel A geführt, und sinkt von hier in die Röhre c herab, so dafs man aus der Höhe, bis zu welcher er darin steht, auf die Trockenheit der Luft und die Stärke der Verdunstung schliefsen kann. Ist nämlich die Luft völlig mit Wasserdampf gesättigt, so findet gar keine Verdunstung statt, und die Röhre bleibt leer.

Man begreift leicht, dafs dieses Werkzeug zwar empfindlich und eben so leicht zu verfertigen als bequem zu beobachten ist; allein es kann damit blofs die *relative Stärke der Verdunstung*, keineswegs aber die *absolute Menge* des Wassers gemessen werden, welches in einer gegebenen Zeit von einer gemessenen Fläche verdunstet, und dasselbe ist also eigentlicher ein *Hygrometer* als ein Atmometer.

Um endlich die für veränderliche Temperatur, Dichtigkeit, und Trockenheit verschiedene Kraft der atmosphärischen Luft zu messen, womit dieselbe die Feuchtigkeit in sich

---

1 Aus Edinb. Encyclop. art. Meteorol. Schweig. J. XXVIII. 326.

Digitized by Google

aufnimmt, oder ihre *austrocknende Kraft*, hat v. Saussure[1] ein eigens construirtes Atmometer angegeben. Er wählte hierzu ein Rechteck von feiner Leinwand, 13 und 10 Z. Seite haltend, spannte dieses in einen leichten Rahmen so, dafs es denselben nirgend berührte, befeuchtete die Leinwand, und wog sie auf einer feinen Waage, so dafs sie gerade eine Gewichtszunahme von 150 Gran erhielt. Wenn der Apparat diese Gewichtszunahme erhalten hatte, so hing er 6 Z. weit von demselben, der Mitte der Leinwand gegenüber, ein empfindliches Thermometer, beobachtete dann von 20 zu 20 Minuten den Gewichtsverlust, bis dieser 60 bis 65 Gr. betrug, indem der Rest zu stark festgehalten, und die Verdunstung dadurch unregelmäfsig wurde. Die Resultate der hiermit angestellten Versuche werden im Artikel: *Verdunstung* berücksichtigt werden. *M.*

Atmosphäre.

Atmosphaera; bezeichnete ursprünglich die expansibelen Flüssigkeiten, welche unsere Erde überall umgeben. Der Aehnlichkeit wegen nannte man späterhin alle solche, wirkliche oder eingebildete Dunsthüllen, welche um einzelne gröfsere oder kleinere Körper verbreitet angenommen wurden, Atmosphären, z. B. eine elektrische Atmosphäre, Lichtatmosphäre oder Photosphäre u. a. m. Von einigen solchen, gewifs oder wahrscheinlich, oder nur dem Sprachgebrauche nach existirenden, Umgebungen dunstförmiger und ätherischer Stoffe, als den elektrischen, magnetischen u. a. wird am gehörigen Orte gehandelt werden.

Unter den hypothetisch angenommenen Atmosphären hat keine so viel Aufsehen erregt und ist zur Erklärung so vielfacher Erscheinungen angewandt, als die sogenannte Nervenatmosphäre, sensibele Atmosphäre der Nerven, eine die Nervenenden und Fäden bis auf eine unbestimmte Weite umgebende ätherische Hülle, vermittelst welcher die Nerven selbst überhaupt und auch da gereizt werden sollten, wo keine Nervensubstanz mehr vorhanden ist. Ob dieselbe etwas Körperliches sey, wie die Nerven selbst, eine diesen

1 J. de Ph. XXXIV. 161. Gren J. I. 443.

ähnliche Substanz, ob aus ihnen ausfliefsend, erzeugt, ernährt und beim etwanigen Abgange wiederersetzt, oder von Aufsen hinzugekommen, ob von den Nerven trennbar oder nicht, ob durch Anziehung oder durch eine sonstige Kraft an dieselben gebunden; diese und viele andere, zur genaueren Bestimmung erforderlichen Fragen hat man kaum aufgeworfen, viel weniger beantwortet, um so viel sicherer das hypothetisch Angenommene zur Unterstützung jeder beliebigen neuen Hypothese, insbesondere der Wirkungen des animalischen Magnetismus gebrauchen zu können.

Man hat schon früher, oft zur Erklärung der Nerventhätigkeit überhaupt einen Nervenäther angenommen, und seine Wirkungen sich auch über die Grenzen der Nerven hinaus erstrecken lassen[1], ganz eigentlich aber ist die Hypothese ausführlich durch Reil[2] aufgestellt, durch v. Humboldt[3] weiter ausgeführt, und als durch beide völlig begründet von vielen später angenommen. Indefs hat Rudolphi[4] mit überwiegenden Gründen gezeigt, dafs keine genügende Ursache zur Annahme derselben existirt, diese vielmehr mit bekannten Thatsachen streitet. *M.*

Atmosphäre der Erde.

Dunstkreis; Dunstkugel; Luftkreis (selten Lufthimmel, oder Himmel); *atmosphaera*; atmosphère; *atmosphere*; von ἀτμός Rauch, Dampf, Dunst und σφαῖρα die Kugel; bezeichnet die aus Luft und sonstigen expansibeln Flüssigkeiten bestehende Hülle, welche den Erdball umgiebt, vermöge der Schwere an denselben gebunden ist, mit ihm um seine Axe rotirt, und ihn in seiner Bahn um die Sonne begleitet. Ganz falsch ist daher die Vorstellung, als wenn die Erde in einem für sich bestehenden Luftmeere gleichsam schwämme, indem beide vielmehr ein Ganzes ausmachen, die Höhe der Luft aber, wenigstens bis dahin, wo

1 J. Brown's System der Heilkunde. a. d. Engl. von C. H. Pfaff. 2te Aufl. Kopenh. 1798. 8. p. 154.

2 J. C. Reil Exercitat. Anatomicarum fasc. I. Halae 1796 fol. p. 28.

3 Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Posen und Berlin. 1799 p. 163 ff. und 211.

4 Denkschr. d. Berl. Soc. 1812—13. p. 208.

Digitized by Google

sie noch die uns bekannten Eigenschaften der Luft hat, gegen den Halbmesser der Erde nur sehr klein ist.

Die Form der Atmosphäre ist im Allgemeinen die eines Ellipsoids durch Umdrehung um die kleine Axe entstanden. Wäre die Erde ruhend, so würde sie nach statischen Gesetzen die Kugelform haben, weil eine Flüssigkeit nur in dieser Gestalt zum Gleichgewichte der Anziehung aller ihrer Theile gelangt. Zwei Ursachen sind es indefs, welche eine Abweichung hiervon hervorbringen, und die Atmosphäre zu einem Ellipsoide machen, nämlich zuerst die Umdrehung der Erde um ihre Axe, und die hierdurch erzeugte Schwungkraft, welche unter dem Aequator am gröfsten ist, und auch die Abplattung der Erde bewirkt, verbunden mit der hieraus entstehenden geringeren Schwere und also verminderten Anziehung der Erde gegen die auf ihr ruhenden Luftschichten; und zweitens die gröfsere Erhitzung der Luftschichten unter dem Aequator durch den Einfluss der Sonnenstrahlen, durch welche sie stärker ausgedehnt und somit leichter werden, folglich auch zur Herstellung des Gleichgewichtes höher seyn müssen. Durch die gemeinschaftliche Wirkung dieser beiden Ursachen erhält die Atmosphäre eine gröfsere Excentricität als die Erde hat, ohne dafs man bei der Ungewifsheit über ihre absolute Höhe und das Gesetz der Wärmeabnahme in derselben ihre Form genau zu bestimmen vermöchte [1]. Berücksichtigt man blofs die Schwungkraft, so zeigt Laplace [2], dafs das Axenverhältnifs des Sphäroids einer mit ihrem festen Körper zugleich um dessen Axe rotirenden Atmosphäre nicht gröfser als 3 : 2 seyn kann. Hinsichtlich der Erhitzung der Luftschichten unter dem Aequator durch die Sonnenstrahlen folgt, dafs hierdurch nicht blofs die Excentricität vermehrt werden mufs, sondern dafs auch die mehr ausgedehnten und dadurch leichteren Luftschichten oben nach den Polen hin abfliefsen, von welchen her die dichteren Luftschichten näher an der Oberfläche der Erde wiederum zum Aequator strömen [3].

1 Kirwan in Trans. of the Royal Irish. Acad. 1788. p. 66.

2 Mechanik des Himmels L. III. cap. 7 p. 203 d. Ueb.

3 M. Cor. XXI. 214.

Digitized by Google

v. Zach[1] findet durch ein einfaches Verfahren wenigstens einen genäherten Werth für die Excentricität des Luftsphäroids, welcher zur Vergleichung der beobachteten mittleren Barometerstände im Niveau des Meeres unter verschiedenen Breiten eine Erwähnung verdient, obgleich die Untersuchung auf keinen absolut sicheren Voraussetzungen beruhet[2]. Sind nämlich l, l'; p, p'; g, g' Höhen, Druck und correspondirende Gewichte zweier Luftsäulen; ϱ die Dichtigkeit derselben; so ist

$$p = g\,\varrho\,l$$
$$p' = g'\varrho\,l' = g'\,\varrho\,(l + \Delta l).$$

Ist dann der Erdradius $= a$; die Schwere im Niveau des Meeres $= \gamma$; so ist

$$g = \gamma\frac{a^2}{(a+l)^2} = \gamma\left(1 - \frac{2l}{a}\right)$$

$$g' = \gamma\frac{a^2}{(a+l')^2} = \gamma\left(1 - \frac{2l+\Delta l}{a}\right)$$

$$\text{also } \frac{p}{p'} = \frac{1 - \frac{2l}{a}}{1 - \frac{2l+\Delta l}{a}}$$

$$\text{und } \Delta l = (a - 2l)\frac{p - p'}{2p}.$$

Indem nun p und p' die mittleren Barometerstände an zwei Orten sind, so kann man hieraus Δl oder die Excentricität des Luftsphäroids berechnen, wenn l gegeben ist. Um dieses zu bestimmen, nimmt v. Zach an, dafs die Luft aufhört zu existiren, wenn sie dünner als 0,00001 wird, ihre Dichtigkeit im Niveau des Meeres $= 1$ gesetzt. Heifst dann das Verhältnifs der Dichtigkeit der Luft zum Quecksilber $d = 1 : 10463$, die Dichtigkeit der atmosphärischen Luft in der Höhe $x = q$; der Barometerstand im Niveau des Meeres $= b$; β der Coefficient der Wärmeabnahme, (wel-

1 M. C. a. a. O.

2 Die von v. Zach gebrauchten numerischen Werthe, obgleich von den neuesten Bestimmungen etwas abweichend, sind überall beibehalten.

Digitized by Google

cher früher[1] = 0,000052 gefunden ist) und e die Basis der hyperbolischen Logarithmen; so ist nach Oriani[2]

$$q = \frac{1 - \beta x}{e^{\frac{d}{2b} \cdot (2x + \beta x^2)}};$$

welches für x = 30000, q = 0,000007 giebt, und wonach also l oder die Höhe der Atmosphäre = 30000^t oder fast 8 Meilen ist. Nimmt man ferner den mittleren Barometerstand unter dem Aequator bei 20°,8 R. = 337,8 par. Lin., und bei gleicher Temperatur unter 40° — 50° N. B. = 338,824; a = 3271558^t; so ist $\Delta l = (a - 2l)\frac{p - p'}{2p} = 4881{,}56$. Sieht man dann nahe genau die Atmosphäre als ein elliptisches Sphäroid an, dessen Aequatorial-Durchmesser = a + l = A ist, so wird für die Breite B und die Excentricität e

$$A' = A\left(1 - \frac{e^2 \text{ Sin.}^2 B}{1 - e^2 \text{ Sin.}^2 B}\right)^{\frac{1}{2}};$$

$$A' - A + 0{,}5\ A\ e^2 \text{ Sin.}^2 B = 0.$$

Es ist aber A = 3271558^t + 30000^t;

A' = A — 4881,56; B = 45°;

also e = 0,0059135, und die Abplattung = $\frac{1}{338}$. Die hier gefundene Gröfse beruhet zwar auf einigen, nicht absolut gewifs begründeten Voraussetzungen, allein es ist aus mehreren Gründen nicht wahrscheinlich, dafs die Excentricität des Luftsphäroids bedeutend gröfser ist, als die der Erde, schon wegen des Gleichgewichtes, worin sich das expansibele Fluidum der Luft setzt[3].

Die absolute Höhe der Atmosphäre ist gleichfalls durchaus nicht genau bestimmbar, weil die Hauptbestandtheile derselben expansibele Flüssigkeiten sind, deren untere Schichten durch den Druck der oberen mehr zusammengedrückt werden, so dafs ihre Dichtigkeit von unten nach oben stets abnimmt. Wäre dieses nicht, so liefse sich die Höhe der Atmosphäre eben so leicht als genau nach aërostatischen

1 Mon. Cor. XI. 552.

2 Ephem. Mediol. 1788.

3 Vergl. *Barometer, mittlere Höhe desselben.*

Digitized by Google

Grundsätzen berechnen. Es ist nämlich oben [1] gezeigt, dafs die auf dem Erdball ruhende Luft durch ihr Gewicht einer Quecksilbersäule das Gleichgewicht hält, deren Höhe durch den jedesmaligen Barometerstand angegeben wird, und welche im Niveau des Meeres im Mittel = 28 p. Z. 2 L. angenommen werden kann [2]. Wäre demnach die Luft überall gleich dicht, so müfste die Atmosphäre bei einem spec. Gew. der Luft unter dem mittleren Barometerdrucke = 1, das des Quecksilbers = 10478 gesetzt eine Höhe von (28 Z. 2 L.) × 10478 = 24594 p. F. haben, mithin kaum über die Spitzen der höchsten Berge reichen. Allein dafs die höheren Luftschichten dünner, folglich gleich schwere auch höher sind, folgt aus der Elasticität der Luft von selbst, und aufserdem haben Mariotte und Boyle aufgefunden, dafs die Dichtigkeit der Luft der zusammendrückenden Kraft direct proportional sey, wie das von ihnen aufgestellte sogenannte *Mariottesche* oder *Boylesche Gesetz* besagt [3]. Wäre dieses letztere absolut richtig, so würde die Atmosphäre unbegrenzt seyn, indem der Druck stets abnimmt, und diesemnach die Schichten immer höher, bei unendlich geringem Drucke aber unendlich hoch werden müfsten. Obleich aber das Mariottesche Gesetz so weit richtig befunden ist, als die Erfahrung dasselbe zu prüfen vermochte, so zeigt doch eben die Atmosphäre, dafs es nicht für absolut gültig zu halten sey, indem diese nicht unendlich seyn kann. Blofs willkührlich ist indefs Mariotte's eigene Angabe, dafs die Luft nur 4096 mal dünner werden könne, als an der Oberfläche der Erde, und ihre gröfste Höhe daher 15 lieues, jede zu 12000 p. F. betrage [4].

La Place nämlich zeigte unlängst ein Mittel, die gröfste Höhe der Atmosphäre, so fern diese der Erde noch angehören soll, zu bestimmen, indem sie nicht höher seyn kann als bis zu dem Puncte, wo die mit der Höhe zunehmende Centrifugalkraft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt [5].

---

1 *Aërostatik.*

2 S. *Barometer.*

3 S. *Luft.*

4 Essay sur la nature de l'air. Par. 1676. 8. Vergl. de Lüc Unters. über d. Atmosphäre. I. 239. Anm.

5 La Place Système du Monde chap. X.

Digitized by Google

Dieses tritt da ein, wo ein nicht mehr zur Erde gehörender Körper, ein Mond, in 24 Stunden um die Erde rotiren würde. Setzen wir den mittleren Abstand des Mondes = 60 Erdhalbmesser, seine siderische Umlaufszeit = 27 Tage, und den Abstand des äufsersten Lufttheilchens von der Erdoberfläche = x; so ist nach dem *Keplerschen Gesetze* $27^2 : 1^3 = 60^3 : x^3$, woraus $x = 6{,}66\ldots$ Erdhalbmesser gefunden wird. Ein gleiches Resultat wird erhalten, wenn man direct diejenige Entfernung sucht, in welcher Schwungkraft und Schwere einander gleich werden, und über welche hinaus die Lufttheilchen nicht mehr bei der Erde bleiben können. Es sey die Entfernung eines Körpers im Niveau des Meeres in Erdhalbmessern = 1, seine Schwere durch den Fallraum in 1 Sec. ausgedrückt = 15 F., die Schwere eines andern, in der Entfernung x, = g, so wird, da die Schwere den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist,

$x^2 : 1^2 = 15' : g = 2160''' : g$, woraus $g = \frac{2160'''}{x^2}$ folgt.

Es ist aber die durch die Umdrehung der Erde unter dem Aequator entstehende Fliehkraft $= \frac{2160'''}{289} = 7''', 474\ldots$, und da sie bei gleicher Umdrehungszeit zunimmt, wie die Radien, so ist sie in der Höhe $x = x \times 7''', 474\ldots = f$. Wo Schwere und Fliehkraft sich aufheben ist $g - f = 0$; also $\frac{2160'''}{x^2} = x \times 7''', 474\ldots$; woraus $x = 6{,}61\ldots$ $= 5682{,}2\ldots$ geogr. Meil. gefunden wird[1]. Jedes Lufttheilchen also, welches durch seine Expansion über diese Höhe getrieben würde, müfste vermöge überwiegender Schwungkraft die Erde verlassen, und es ist also klar, dafs die Atmosphäre nicht über diese Grenze hinausreichen kann. Wollaston[2], ohne von diesen Betrachtungen auszugehen, zeigt auf einem andern

1 Nach Melanderhielm 3354 schwed. Meil. = 4833 geogr. Meil. G. III. 108.

2 Phil. Trans. 1822. I. p. 89. Ann. of Phil. N. S. IV. 251. G. LXXII. 37.

Digitized by Google

Wege, dafs die Atmosphäre begrenzt seyn müsse; woraus dann zugleich folgt, dafs das feinste bekannte Materielle, die Luft, nicht unendlich theilbar sey. Wäre dieselbe nämlich nicht etwa durch den unendlichen Raum verbreitet, sondern nur durch den des Sonnensystems, so würden sich der Mond und die übrigen Planeten aus ihr Atmosphären bilden, deren Höhe und Dichtigkeit den Anziehungen, mithin den Massen derselben proportional wären. Allein nicht einmal der nächste Trabant, der Mond hat eine solche Atmosphäre, und umgäbe sie den Jupiter, so müfste die lichtbrechende Kraft bewirken, dafs der vierte Jupiterstrabant hinter seinem Planeten nicht verschwände, da er doch beim Eintritte und Austritte bei seinen Verfinsterungen scharf abgeschnitten wird.

Auf eine sinnreiche Weise hat G. G. Schmidt [1] versucht, die Höhe der Atmosphäre in mindestens sehr genähertem Werthe zu bestimmen, indem er von dem Grundsatze ausgeht, dafs *die Grenze derselben da liegt, wo die spec. Elasticität der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt.* Denkt man sich nämlich eine Luftsäule durchaus von gleicher Temperatur und Dichte, und einer solchen Höhe $= h$, dafs ihre Pressung der Pressung der ganzen Atmosphäre gleich kommt; so würde die dieser Pressung entsprechende Spannkraft die Luft nach dem leeren Raume hin so beschleunigen, dafs in dem Zeitelemente dt eine Geschwindigkeit $= 2dt \cdot \sqrt{gh}$ erzeugt würde; die Schwere dagegen würde in demselben Zeitmomente eine Geschwindigkeit $= 2gdt$ hervorbringen. Beide Wirkungen, und daher auch die sie erzeugenden Kräfte sind also in dem Verhältnifs $= \sqrt{h} : \sqrt{g}$. Hierbei kommt es aber, um die Spannkraft der Luft zu berechnen, vorzüglich darauf an, das Gesetz der Ausdehnung der Luft durch Wärme und die Wärmeabnahme in gröfseren Höhen zu bestimmen, welche erstere Gröfse zwar als vollkommen genau, letztere aber viel weniger für in hinlänglich genähertem Werthe bekannt angenommen werden kann. Indefs wird man sich von der Wahrheit am

[1] a. a. O. LXII. 310.

wenigsten entfernen, wenn man annimmt, dafs die Wärmeabnahme in der Atmosphäre nach dem leeren Raume hin den jedesmaligen Temperaturen oder Spannkräften der Wärme proportional bleiben müsse. Es ist aber sehr nahe das Verhältnifs der Spannkräfte der Luft bei 0° und 80° R. $= 213 : 213 + 80$, wofür man allgemeiner $c+t : c+x = E : e$ setzen kann. Heifst dann das Differential der Höhe $= dz$; das zugehörige Differential der Wärmeabnahme $= -dx$; so ist $-\frac{dx}{c+x} = \frac{dz}{a}$; welche Gleichung so integrirt, dafs sie für $c+t$ verschwindet, $z = a \log. nat. \left(\frac{c+t}{c+x}\right)$ giebt.

Um die Subtangente dieser logarithmischen Formel, oder die Gröfse a zu erhalten, darf man sie nur für bekannte Höhen $= z$ und bekannte Temperaturen suchen, indem man $a = \frac{z}{\log.(c+t) - \log.(c+x)}$ setzt, wonach Schmidt im Mittel aus zahlreichen Beobachtungen $a = 64493^t$ findet. Nennt man also, wie oben, die spec. Elasticitäten der Luft im Niveau des Meeres und an der Grenze der Atmosphäre E und e, und setzt die letztere der Schwere gleich: so folgt $E : e = \sqrt{h} : \sqrt{g}$. folglich auch $c+t : c+x = \sqrt{h} : \sqrt{g}$. und hieraus in die oben für z gefundene Formel substituirt; $z = a \log. \sqrt{\frac{h}{g}}$ für die Höhe der Atmosphäre. Substituirt man hierin den für a gefundenen Werth, so findet man für den mittleren Barometerstand im Niveau des Meeres $= 28''\ 1{,}3'''$ die Höhe der Atmosphäre unter dem Aequator für 22°,4 R. mittlere Temperatur $z = 104975^t$ oder 27,5 Meilen, und unten Polen für 0° mittlere Temperatur $z = 103518^t$ oder 27,1 Meilen. Dieses Resultat ist gewifs sehr nahe genau, und man sieht, dafs der Unterschied nicht bedeutend ist, welcher aus der unvollkommenen Bestimmung der Temperatur auf der Oberfläche der Erde entsteht. Wollte man hierbei auch auf die Schwungkraft Rücksicht nehmen, so würde hieraus bei dem Verhältnisse der gefundenen Höhe zum Halbmesser der Erde

Digitized by Google

kein bedeutender Unterschied hervorgehen. Um so mehr aber beruhet die Schwierigkeit, ein völlig genaues Resultat zu erhalten, auf einer ungenügenden Bestimmung des Gesetzes der Wärmeabnahme in gröfseren Höhen, welches später untersucht werden wird [1].

Wenn es die Aufgabe gilt, nicht die absolute Höhe der Atmosphäre zu bestimmen, sondern diejenige anzugeben, in welcher die noch vorhandene Luft eine gegebene Dichtigkeit hat, so kann diese auf zweierlei Weise gelöset werden. Nimmt man *erstlich* an, wogegen schwerlich mit Grunde etwas einzuwenden ist, dafs das *Mariottesche Gesetz* bis zu einem sehr hohen Grade der Luftverdünnung noch gültig ist, so darf man nur umgekehrt aus der Formel für die barometrischen Höhemessungen diejenige Höhe suchen, welche einem gegebenen Barometerstande zugehört. Das stärkste Vacuum, welches vorzüglich gute Luftpumpen hervorzubringen vermögen, ist etwa 0,5 Lin. und für diese Dichtigkeit der Luft würde die einfache Formel des DE Lüc die Höhe $x = 60000 \log. \frac{338,2}{0,5} = 169800$ F. oder $= 7,43$ Meil. geben, wenn man den mittleren Barometerstand im Niveau des Meeres $= 338,2$ L. und die mittlere Temperatur zwischen beiden Stationen beim Mangel näherer Bestimmungsgründe $= 0$ annimmt, die geographische Meile $= 3806,78^t$ gerechnet [2]. Ein ähnliches Resultat erhält BIOT [3] nach La Place's Formel, nämlich $x = 18393 \log. \frac{760}{1}$, indem er den mittleren Barometerstand im Niveau des Meeres $= 0^m,76$, in der gesuchten Höhe $= 0^m,001$ und $T + t = 0$ annimmt, welches gerechnet die gesuchte Höhe $= 52986^m$ oder 27186^t, also nahe 12 lieues giebt, die lieue $= 2280^t$ genommen.

Dafs die Luft indefs einen höheren Grad der Verdünnung erleide, beweiset die Dämmerung, aus welcher zu-

1 S. *Erde*.

2 Vergl. de Lüc Unters. üb. d. Atm. §. 794.

3 Astronom. Phys. I. 26.

gleich *zweitens* die Höhe der Atmosphäre bis an diejenige Grenze gefunden werden kann, wo die Lufttheilchen das Licht der Sonne nicht mehr reflectiren, wie schon Alhazen [1] gezeigt hat. Es sey zu diesem Ende c das Centrum der Erde; b f d ein Bogen ihrer Oberfläche; s h ein Lichtstrahl, welcher die Oberfläche in d berührt und von a als höchstem reflectirenden Lufttheilchen zurückgeworfen wird, so ist b a d = 180° — 2u, also 2u = h a b. Es ist aber bei der Kleinheit von a s b der Winkel h a b = a b s = der Neigung der Sonne unter dem Horizonte, nach astronomischen Beobachtungen = 18°, und wenn man die Strahlenbrechung = 33′ annimmt, = 17° 27′, mithin u = 8° 43′,5; und wenn das gemischtlinige Dreieck a b f wegen der Kleinheit des Bogens f b als geradlinig genommen wird, a f oder die Höhe der Atmosphäre = b f. tang. $\frac{1}{2}$ u. Nimmt man der Krümmung wegen $\frac{1}{2}$ u = 4° 22′, den mittleren Halbmesser der Erde = 3268111^t, so giebt die Rechnung die Höhe der Atmosphäre bis an diesen Punct sehr nahe = 38018^t oder fast 10 geogr. Meilen, gerade so hoch wie Kepler [2] sie gefunden hat. De Lambre [3] nimmt b a = b f = c a. tang. u, den Winkel u aber = 8° 30′, und findet auf diese Weise aus c b. tang. 8° 30′. tang. 4° 15′ die Höhe der Atmosphäre = 36330^t, oder etwas über 9,5 geograph. Meilen. Indem es interessant ist, das Verhältnifs der Erde zu ihrer Atmosphäre deutlicher zu übersehen, so ist dasselbe für beide Gröfsen dargestellt, indem c das Centrum der Erde, die innere Linie einen Bogen der Erdoberfläche, die punctirten aber die Grenzen der Atmosphäre für 10 Meilen und für 27 Meilen Höhe derselben darstellen, wovon die erste $\frac{1}{860}$stel, die zweite $\frac{3,2}{860}$stel des Erdhalbmessers beträgt.

Fig. 91.

Fig. 92.

Dafs die Grenze der Atmosphäre da nicht sey, wo die Dichtigkeit der Luft nicht gröfser ist als in der guericke-

---

1 De crepusculis prop. ult. in Risneri Thesaur. Opt. Basil. 1572. Folio.

2 Epit. Astron. Franc. 1635. 8. p. 73. La Hire findet 34585^t. Hist. de l'Ac. 1713. p. 58. Vergl. Halley in Phil. Tr. N. 181.

3 Astronomie théorique et pratique. Par. 1814. 3 T. 4. III. 337.

Digitized by Google

schen Leere unter dem Recipienten, welcher durch eine vorzüglich gute Luftpumpe luftleer gemacht ist, oder bei etwa 7 geograph. Meilen, dieses geht evident daraus hervor, dafs die Grenze der Strahlenbrechung noch bedeutend höher liegt. Aber auch hier ihre Grenze nicht anzunehmen, dazu führt mindestens mit hoher Wahrscheinlichkeit die Betrachtung von G. G. Schmidt, und es ist sehr zu vermuthen, dafs die Atmosphäre wirklich nicht höher reicht, als bis zu der, auf diesem Wege gefundenen Höhe, d. h. etwa bis 28 oder höchstens 30 geograph. Meilen. Obgleich nämlich die absolute Höhe, über welche sie auf keine Weise sich erstrecken kann, oben viel höher, nämlich zu 6,6 Erdhalbmessern oder 5676 geograph. Meilen gefunden ist, so läfst sich doch leicht darthun, dafs die Dichtigkeit der Luft über die zu 30 Meilen angegebene Grenze hinaus, bis zu einer über alle Vorstellung geringen Gröfse abnimmt, und dafs die noch höher liegenden Luftschichten ganz eigentlich in ein Nichts verschwinden, vorausgesetzt, dafs das *Mariottesche Gesetz* auch bis in so grofse Höhen gültig bleibt, ohne welche Voraussetzung indefs jeder Grund zur Annahme einer gröfseren Höhe der Atmosphäre, als wo sie die Lichtstrahlen bricht, oder wo ihre spec. Elasticität mit ihrer Schwere ins Gleichgewicht kommt, von selbst wegfallen würde. Um dieses deutlicher zu machen, darf man nur die Dichtigkeiten der Luft in zunehmenden Höhen, diejenige im Niveau des Meeres = 1 gesetzt, berechnen. Hutton[1] zeigt aus der auf englisches Mafs reducirten Formel für das barometrische Höhenmessen, dafs die Luft bei 7 engl. Meilen Erhebung nahe genau 4 mal dünner wird, und da das Mariottesche Gesetz eine geometrische Reihe der Verdünnungen fordert, so läfst sich hieraus leicht folgende Tabelle berechnen, welche auch auf andere Mafse reducirt werden kann, wenn man die engl. Meile = 1760 Yards setzt, und berücksichtigt, dafs sehr nahe 4,6 engl. Meilen eine geographische ausmachen.

1 Dict. I. 183.

Höhe in eng. M.	Gröfse der Verdünnung.
3,5	2 fache
7	4
14	16
21	64
28	256
35	1024
42	4096
49	16384
56	65536
63	262144
70	1048576

Sucht man diese Gröfsen genauer und für noch gröfsere Höhen, so kann dieses auf folgende Weise geschehen, wenn man den unbestimmbaren Einfluſs der Temperatur, als im Wesentlichen nicht entscheidend, vernachlässigt. Die Dichtigkeit der Luft ist nämlich jederzeit der Höhe der Quecksilbersäule im Barometer proportional. Setzt man dieselbe daher im Niveau des Meeres und bei einem Barometerstande $H = 1$, so ist sie, in einer gegebenen Höhe x und bei einem Barometerstande h, $= \frac{h}{H}$. Es ist aber nach de Lüc $x = 10000^t \log. \frac{H}{h}$, und wenn hierin x in geographischen Meilen zu 3807^t als bekannt $= A$ angenommen wird, so findet man $\log. h = \log. H - \frac{A}{10000}$, und wenn hieraus h bekannt ist, und $H = 28$ Z. $= 336$ Lin. angenommen wird, so findet man für die verschiedenen Höhen leicht die Dichtigkeiten der Luft $d = \frac{h}{H}$ in Decimalbrüchen der Dichtigkeit der Luft im Niveau des Meeres als Einheit angenommen, welches folgende Tabelle giebt, worin die Columne links die Höhe über der Meeresfläche in geographischen Meilen, die rechts aber die zugehörige Dichtigkeit der Luft enthält.

Digitized by Google

0,5	0,645
1	0,416
2	0,172
3	0,0721
4	0,0300
5	0,0123
6	0,0052
7	0,00216
8	0,00090
9	0,000375 I
10	0,000156 I
15	0, . . 198 I
20	0, . . 00243 I
25	0, . . . 303 II
30	0, . . . 388 II
35	0, . . . 00473 II
40	0, ... 591 III
45	0, ... 738 III
50	0, ... 92261 IV
60	0, ... 144 IV
70	0, ... 62241 V
80	0, ... 035 V
90	0, ... 546 VI
100	0, ... 8528 VII

Man sieht hieraus, daſs die Luft bei 30 Meilen Höhe schon mehr als ein Viertelbillionmal dünner ist, als auf der Oberfläche der Erde, welche Feinheit schon über unsere deutliche Fassungskraft hinausgeht; daſs sie bei 45 Meilen Höhe

Digitized by Google

mehr als 75 billionenmal dünner sey, sagte schon Newton [1], allein wenn wir die Höhen bis zu 80 oder 100 Meilen verfolgen, und hier in die Quinctillionen und Septillionen ihrer Dichtigkeit kommen, so begreift man leicht, dafs die Atmosphäre sich so weit nicht erstrecken kann, indem solche Gröfsen für den Begriff der Luft nicht mehr passen. Mairans [2] Meinung also, dafs die Atmosphäre bis 200 oder 300 lieues reiche, weil die Nordlichter sich so hoch erstrecken sollten, ist schwerlich zulässig, und beruhet ohnehin auf falschen Vorstellungen vom Nordlichte; die Annahme des de la Metherie [3] aber, dafs sie mehrere tausend Meilen hoch sey, ist durchaus unbegründet.

Verlangte man die absolute Menge der Luft zu wissen, woraus die Atmosphäre besteht, so läfst sich dieselbe als eine hohle Kugel betrachten, welche die Erde umgiebt. Um indefs den Inhalt dieser zu bestimmen, übergeht man am besten die ungewisse Höhe und die Schwierigkeit wegen abnehmender Dichtigkeit derselben, und betrachtet sie vielmehr als eine hohle Kugel Luft von derjenigen Dichtigkeit, welche ihr im Niveau des Meeres eigen ist. Hiernach würde in Gemäfsheit der oben angenommenen Bestimmungen ihre Höhe bei gleichmäfsiger Dichtigkeit = 24594 F. = 4099^t seyn. Setzt man diese = r, den Halbmesser der Erde aber = 3'268111^t = R, so wäre der Inhalt dieser Luftkugel I = $\frac{4}{3}\pi$ [(R + r)^3 − R^3] = 552077'''300000'000000, oder nahe eine halbe Trillion Cub. Toisen, deren Gewicht, den Cub. F. zu 0,08 Pf., also die Cub. Toise = 17,28 Pf. gesetzt, 9'''539895'''740000'000000, also 9½ Trillion Pfund beträgt [4].

Indem die Atmosphäre im Allgemeinen aus gasförmigen Substanzen bestehet, welche schwer und zugleich expansibel sind, so mufs sie an der Oberfläche der Erde am dichtesten

---

1 Princ. III. prop. X. theor. X. Vergl. Schubert popul. Astron. III. 386.

2 Traité sur l'Aurore bor. Sect. II. ch. 5.

3 Theorie d. Erde d. Ueb. p. 173.

4 Thomson in Système de Chimie III. 201 rechnet . . . . . 855941'456004'795636 Myriagrammes.

seyn, und mit zunehmender Höhe an Dichtigkeit abnehmen. Berücksichtigt man blofs das Mariottesche Gesetz, so würde die Atmosphäre nach diesem aus einer beliebigen Menge gleich hoher concentrischer Schichten bestehen, deren Dichtigkeit in einer geometrischen Progression abnähme. Weil indefs die Luft auch durch die Wärme ausgedehnt wird, diese aber mit der Erhebung über die Oberfläche der Erde gleichfalls abnimmt, so mufs man das Gesetz dieser Abnahme genau kennen, wenn man die Abnahme der Dichtigkeit der einzelnen concentrischen Luftschichten bestimmen will. Die hierher gehörigen Untersuchungen werden unter den Artikeln: *Erde* (Temperatur derselben), *Höhenmessungen* (barometrische) und *Strahlenbrechung* abgehandelt.

Ob die äufsersten Grenzen der Atmosphäre aus andern Stoffen als aus atmosphärischer Luft bestehen, und ob es aufserhalb der Atmosphäre noch eine oder mehrere Atmosphären anderer und feinerer Stoffe giebt, ist oft gefragt und vielfach untersucht [1]. Nach den bekannten Erfahrungen, dafs verschiedene Gasarten durch gegenseitige Anziehung sich ihrem statischen Verhalten zuwider vermischen, und dafs die Atmosphäre mit zunehmender Höhe an Feuchtigkeit eher ab- als zunimmt, haben wir keine Ursache, eine höhere, die gewöhnliche Luftatmosphäre begrenzende, anzunehmen. Will man aber eine elektrische, magnetische, ätherische, aus Dämpfen oder sonst aus unbekannten Potenzen bestehende Atmosphäre dorthin versetzen, so beruhet dieses auf blofsen Hypothesen, und ist daher einer gründlichen Naturforschung nicht angemessen.

Die Temperatur der Atmosphäre wird durch diejenige Wärme hauptsächlich bedingt, welche die Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Erde erzeugen. Indem aber die Atmosphäre selbst der Erde zugehört, so kann dieser Gegenstand hier nicht vollständig untersucht werden, sondern fällt mit den Bestimmungen der Erdwärme zusammen, und es mag hier die allgemeine Bemerkung genügen, dafs die Wärme mit der Erhebung über die Oberfläche der Erde

1 Melanderhielm bei G. III. 111. Vergl. *Aether*.

Digitized by Google

in einem noch nicht genau aufgefundenen Verhältnisse abnimmt [1].

Die Luft, woraus die Atmosphäre besteht, galt ehemals für ein Element, aus welchem Wasser, und aus diesem wieder feste Körper gebildet werden könnten. Boyle behauptete zuerst, sie bestände aus eigentlicher Luft und Wasser im Zustande der Expansion, nebst sonstigen, von der Erde aufgestiegenen beigemischten Substanzen, welche ihren schädlichen Einfluss auf die Gesundheit bedingten. Nachdem man seit Priestley, Scheele, Cavendish, Black, Lavoisier u. a. die verschiedenen Gasarten stets genauer kennen gelernt hatte, erkannte man bestimmter die Bestandtheile der atmosphärischen Luft, indem man sie hauptsächlich vermittelst der Eudiometer und Anthrakometer zerlegte, woraus hervorgeht, dass sie dem Gewichte nach aus 23,299 *Sauerstoff* und 76,701 *Stickstoff* [2], oder dem Volumen nach aus 78,999 Th. Stickstoffgas, 21 Th. Sauerstoffgas, 0,001 *Kohlensäure* im Mittel, als wesentlichen Bestandtheilen, daneben aber aus einer wechselnden Menge *Wasserdampf*, aus einer unbestimmbaren Quantität *Wasserstoffgas*, und zum Theil in Dampfform, zum Theil mechanisch fortgerissener Substanzen besteht, aufserdem aber noch die wenig bekannten, blofs durch ihre Wirkungen wahrnehmbaren *Miasmen* enthält, aus welchen ihr nachtheiliger Einfluss auf das Leben und die Gesundheit hauptsächlich der Menschen, weniger der Thiere, entspringt.

Die eigentlichen constituirenden Bestandtheile der atmosphärischen Luft sind also *Stickstoffgas* und *Sauerstoffgas*, welche nach unzweifelhaften Versuchen in allen Gegenden der Erde, zu allen Jahrszeiten, in der Höhe wie in der Tiefe, im Freien wie in Zimmern und selbst in Opernhäusern und Krankensälen in sehr nahe ganz gleichem quantitativen Verhältnisse vereinigt sind [3]. Sobald nämlich die Eudiometer einen genügenden Grad der Genauigkeit erhalten

1 S. *Erde*.

2 Thomson Système de Chim. III. 212.

3 Vergl. Prevost über die Mischung der atmosphärischen Luft in Bibl. univ. I. 124. II. 194.

hatten, überzeugte man sich immer mehr von diesem constanten Mischungsverhältnisse. Schon Scheele[1] behauptete diese Gleichheit nach seinen Versuchen mit Schwefeleisen, obgleich seine Angabe von $\frac{9}{33}$ oder 0,28 Sauerstoffgas in der Atmosphäre zu grofs, von ihm aber auch nur als genäherter Werth aufgestellt ist. Die umfassendste Untersuchung dieses Gegenstandes stellte v. Humboldt an, welcher indefs aus Mangelhaftigkeit der eudiometrischen Versuche den Sauerstoffgasgehalt zwischen 0,23 und 0,29 schwankend fand[2], später in der auf dem Pic von Teneriffa 11424 F. hoch aufgefangenen Luft nur 0,19, und in der unter 10° 30′ N. B. befindlichen gar 0,30 gefunden haben wollte[3].

Nach dieser Zeit haben sich die Untersuchungen dieser Frage ausnehmend vermehrt, wodurch das Resultat einer constanten Quantität von Sauerstoffgas über allen Zweifel erhoben wurde. Cavendish untersuchte die Luft zu Kensington und London, Spallanzani zu Pavia und auf den Appeninen bei Modena, Berthollet in Aegypten und in Paris, de Marty in Spanien, Volta auf dem Gotthard und an vielen andern Orten, Davy zu Bristol und am Ausfluss der Saverne, Beddoes die Luft, welche ihm von der Küste Guinea's zugesandt war[4], und alle erhielten gleiche Resultate. Biot fand ein constantes Mischungsverhältnifs der atmosphärischen Luft bei vielen Versuchen auf seiner Alpenreise[5] und v. Humboldt auf dem Antisana in 2773 Höhe 0,218 Sauerstoffgas, 0,774 Stickstoffgas und 0,008 Kohlensäure[6]. Berger stellte die gröfste Reihe von Versuchen an den verschiedensten Orten an, z. B. in der Ebene von Genf, auf den Eisfeldern des Mont Cervin, auf der Bergkette zwischen Sallenche und Annecy, auf dem Salève, dem Jura, im Chamouni - Thale und dem von Aosta, im Walliserlande u. s. w., fand aber im Mittel aus verschiedenen Versuchen

1 Opusc. chem. et phys. Lips. 1788. I. 193. J. de Ph. XVIII. 79.

2 Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises u. s. w. Braunsch. 1799. 8.

3 G. IV. 443.

4 Bibl. brit. Nro. 134. p. 250.

5 G. XXVI. 101.

6 Voigt Mag. V. 474.

Digitized by Google

allezeit 0,21 Sauerstoffgas[1]. Ein gleiches Resultat erhielt Seguin bei der Untersuchung der Luft aus den mit vielen Menschen lange erfüllten Theatern[2], desgleichen Edmund Davy, als er die aus den Hospitälern zu Cork genommene Luft mit der auf dem Observatorio daselbst aufgefangenen verglich[3], und Configliachi[4] mit der Luft von der Oberfläche der bewässerten Reisfelder. Auch diejenige Luft, welche Gay-Lüssac von seinem aërostatischen Auffluge mitbrachte, hatte ein gleiches Mischungsverhältnifs als die aus den Ebenen von Paris, und 19 Versuche, welche er nebst v. Humboldt mit atmosphärischer Luft anstellte, welche an verschiedenen Tagen und bei der verschiedensten Beschaffenheit der Temperatur, des Barometerstandes und der Witterung aufgefangen war, gaben übereinstimmend 0,21 Sauerstoffgas mit 0,002 gröfster Differenz der erhaltenen Resultate[5].

Abweichungen von diesen Resultaten sind daher offenbar falsch, wie die mit einem Phosphor-Eudiometer von Giobert erhaltenen, wonach die Luft in Turin und Vaudier zwischen 0,24 bis 0,33 Sauerstoffgas enthalten soll[6]; andere sind zweifelhaft, vielleicht aber durch örtliche Einschliefsungen erklärbar, wie z. B. dafs Bischof[7] die Luft in den Steinkohlengruben der Mark von 0,22 58 Sauerstoffgasgehalt fand. Auch nach Hermbstädt[8] soll die Luft 5 F. über dem Spiegel der Ostsee aufgefangen 0,215; 16 F. über demselben 0,205 und 24 F. vom Ufer landwärts 0,200 Sauerstoffgas enthalten haben, Krüger[9] dagegen fand durch genaue Versuche die Luft über der See unbedeutend weniger Sauerstoffgashaltig, als über dem Lande, indem er in jener bleibend nur 0,2059 Sauerstoffgas erhielt.

---

1 J. de Ph. LVI. 372. G. XIX. 412.
2 Ann. de Chim. LXXXIX. 251.
3 Ann. of Phil. XI. 214.
4 L. Gmelin Chemie. I. 295.
5 J. de Ph. LX. 129. G. XX. 38.
6 J. de Ph. XLVII. 197.
7 Schweig. J. N. F. IX. 303.
8 Schweig. XXXII. 284.
9 G. LXVI. 93.

Digitized by Google

Die, durch eine überwiegende Menge von Erfahrungen genügend begründete Ueberzeugung von dem constanten Mischungsverhältnisse der beiden Hauptbestandtheile der atmosphärischen Luft mufste nothwendig die Frage herbeiführen, woher das durch die zahlreichen Processe des Athmens, Verbrennens, Oxydirens, Säuerns u. s. w. verzehrte Sauerstoffgas wieder ersetzt werde. Nur wenige Hypothesen sind zur Beantwortung dieser Frage aufgestellt, z. B. das elektrische Processe in höheren Regionen dasselbe wieder erzeugten, oder dafs die Quantität des verzehrten so geringe sey, namentlich nach Prevost[1] in 100 Jahren nur $\frac{1}{1200}$stel der ganzen Luftmasse betrage, wenn man die Consumtion durch die lebenden Wesen allein berücksichtigt. Allein hiergegen bemerkt Berzelius[2] mit Recht, dafs solche Berechnungen sehr unsicher sind, und dafs kein muthmafslicher Grund für die Abnahme der Quantität des Sauerstoffgas, so weit die Geschichte reicht, vorhanden sey. Aufserdem aber ist die Consumtion desselben durch die Respiration bei weitem die geringste, und diejenige bei weitem überwiegender, welche durch zahlreiche anderweitige Processe statt findet.

Am meisten Beifall hat die Behauptung gefunden, welche zuerst Priestley[3] aufstellte und durch viele wiederholte Versuche zu bestätigen suchte, dafs nämlich die Vegetabilien Kohlensäure zerlegen und durch den Einfluss des Sonnenlichtes Sauerstoffgas aushauchen. Vorzüglich traten Ingenhousz[4] Bonnet[5] und Sennebier[6] dieser Meinung bei, andere dagegen bestritten dieselbe, unter denen vorzüglich Th. de Saussüre das meiste Gewicht hat[7]. Aus einer zahl-

1 Bibl. univ. II. 194 ff.

2 Chemie I. 257.

3 Experiments and observations on air and natural Philosophy. Birming. 1774 — 1786. 3 V. 8. Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturlehre. A. d. Fr. Wien und Leipz. 1780 und 82. 8.

4 Versuche mit Pflanzen u. s. w. A. d. Fr. von Scherer 2te Auflage. Wien 1786 — 90 dessen verm. Schriften I. 341. Phil. Trans. LXXII. 426.

5 Ueber den Nutzen der Blätter bei Pflanzen. A. d. Fr. Nürnb. 1762. 4.

6 Physikalisch - chemische Abhandlungen. A. d. Fr. Leipz. 1785. 4 Bde. 8.

7 Recherches chimiques sur la Végétation. Par. an XII. Im Ausz. in J. d. Ph. LIII. 393. G. XVIII. 208.

Digitized by Google

reichen Reihe von Versuchen mit lebenden Pflanzen, welche er über Quecksilber mit einer dünnen Schicht Wasser sperrte, gelangte er zu dem Resultate, dafs die grünenden Pflanzen im Sonnenlichte nur so viel Sauerstoffgas aushauchen, als sie im Schatten absorbiren, dafs die Blumen und andere nicht grünende Theile derselben Stickgas entbinden, die grünenden Theile aber allerdings das kohlensaure Gas zerlegen. Dabei machte er zugleich die Bemerkung, dafs diejenigen Blätter, welche am längsten, ohne zu verderben, in einer sehr feuchten Temperatur aushalten können, das reinste Sauerstoffgas und zugleich am längsten aushauchen, und dafs überhaupt die Quantität desselben anfangs gröfser ist, als nachher.

Durch eine Prüfung der bedeutendsten früheren Versuche und zwei Reihen eigends zu diesem Zwecke angestellter suchte ich im Jahre 1809 zu zeigen[1], dafs bei diesen Untersuchungen sehr leicht Täuschungen eintreten können, indem ein ungestörtes vegetatives Leben der Pflanzen zur Hervorbringung des Sauerstoffgas durchaus erforderlich ist, welches in engen und beschränkten Räumen nicht statt finden kann. Aufserdem ist zwar die atmosphärische Luft keine chemische Verbindung, allein das constante Mischungsverhältnifs derselben zeigt doch zur Gnüge, dafs nur dieses, und kein anderes Verhältnifs jederzeit das Bestreben hat, wieder hergestellt zu werden, und die Pflanzen können daher diesem Naturgesetze gemäfs, und um überhaupt in die Ordnung der Natur zu passen, nur dann und gerade so viel Sauerstoffgas hergeben, als erfordert wird, das aufgehobene Gleichgewicht wieder herzustellen. Zu meinen, vorzüglich den letzteren Versuchen benutzte ich daher die grünenden Pflanzen im Zustande einer günstigen Vegetation nur so lange, als die dem Pflanzenleben bekanntlich nachtheilige Sperrung den Vegetationsprocefs nicht wesentlich zu stören vermochte, um im Einklange mit den durch v. Saussüre er-

1 G. W. Muncke bei G. XXXIII. 428. XXXIV. 296. Eine ausführliche zugleich die Resultate noch einer Reihe von Versuchen enthaltende Abhandlung habe ich später an die Soc. d. W. zu Harlem gesandt, welche nicht gedruckt ist.

Digitized by Google

haltenen Resultaten die stärkste Entwickelung von Sauerstoffgas zu erhalten, entzog die erzeugte Quantität dieser Gasart durch lebende Thiere, fand die allgemein anerkannte Zerlegung der Kohlensäure bestätigt, und suchte durch eine, aus leicht begreiflichen Gründen nur genäherte Resultate gebende Rechnung zu beweisen, dafs die Quantität des auf diese Weise erzeugten Sauerstoffgas allerdings hinreiche, den beständigen Abgang desselben zu ersetzen, um so mehr als eine Zerlegung der Kohlensäure durch die Pflanzen aus allen genauen Versuchen hervorgeht, und die gröfste Menge des verzehrten Sauerstoffgas in Kohlensäure und Wasser, beide zum Wachsthum und zur Ernährung der Pflanzen erforderlich, verwandelt wird.

Unter denjenigen, welche später diesen nämlichen Gegenstand untersucht haben, sind nur wenige diesen Ansichten beigetreten, z. B. Gilby[1], vorzüglich aber H. Davy[2] in Gemäfsheit seiner, mit wirklich vegetirenden Pflanzen angestellten Versuche; die meisten dagegen sind entgegengesetzten Meinung, z. B. Saussüre d. j.[3] Ruhland[4], welcher übrigens die längst verworfene Methode, abgeschnittene Blätter unter Wasser zu sperren, abermals befolgte, Tatum[5] nach durchaus ungenügenden Versuchen u. a. Neuerdings hat Grischow[6] die Frage abermals untersucht, und schliefst aus seinen zahlreichen, auch sonst für die Pflanzenphysiologie interessanten Versuchen, dafs gesunde Pflanzen allerdings die Kohlensäure zerlegen, zugleich aber das im Sonnenlichte ausgehauchte Sauerstoffgas bei Nacht wieder verschlucken. Nach allem diesem scheinen also die Pflanzen die Kraft nicht zu besitzen, den Abgang des Sauerstoffgas der Atmosphäre wieder zu ersetzen, wogegen Berzelius[7] noch

1 Edinb. Phil. J. 1821. N. VII. Ann. de Chim. et de Ph. XVII. 64.

2 Elemente d. Agrikultur = Chemie d. Ueb. p. 252.

3 G LIV. 221.

4 Schweig. J. XIV. 371.

5 Aus Phil. Mag. 1817. July p. 42. mit Anmerk. von Bischof bei Schweig. XXIII. 234.

6 Physikalisch - chemische Untersuchungen über die Athmungen der Gewächse. Leipz. 1819. 8. Schweig. J. XXXI. 419. XXXIV. 260.

7 Chemie I. 257.

Digitized by Google

aufserdem das Argument anführt, dafs der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre im Winter wie im Sommer, über Eisfeldern und Sandwüsten wie über grünenden Feldern stets gleich ist, und es müfste also diese wichtige Frage noch für unentschieden gehalten werden. Wenn man indefs berücksichtigt 1. dafs nach allen Beobachtungen grünende Pflanzen die Kohlensäure zerlegen und in Sauerstoffgas verwandeln[1] (mit Ausnahme der verwelkenden Blätter und der Blumen, welche nach Saussüre[2] vielmehr Sauerstoffgas verzehren und Kohlensäure aushauchen); 2. dafs in Vergleichung mit den ungeheuer ausgedehnten grünenden Flächen alle Versuche in einem sehr kleinen Mafsstabe angestellt werden, und somit nur geringe, kaum bemerkbare Resultate geben können; 3. dafs die eingesperrten Pflanzen nie im vollkommenen Zustande der Vegetation sind, so wie die in freier Luft wachsenden, und daher nur von der geringen Zeit der noch fortdauernden wirklichen Vegetation ein richtiges Resultat zu erwarten ist; 4. dafs die Pflanzen der Natur der Sache gemäfs nur den Abgang des Sauerstoffgas in der Atmosphäre ersetzen können und dürfen, mithin gerade dieser und kein anderer Zustand der Atmosphäre geeignet ist, das entbundene Sauerstoffgas aufzunehmen; 5. dafs nicht blofs die Anhänger dieser Hypothese, sondern selbst die entschiedensten Gegner derselben das Aushauchen des Sauerstoffgas, oft selbst in bedeutender, das constante Mischungsverhältnifs der Atmosphäre aufhebender Quantität, beobachtet haben, dafs aber das, in der Nacht erfolgende Wiederverzehren derselben durch ihren, aus der Einsperrung folgenden, krankhaften Zustand nur zu leicht erklärlich ist; 6. dafs endlich diese Theorie mit dem Mischungsverhältnisse der Pflanzen und mit der Wechselwirkung der Kräfte und der Bestandtheile der Natur vollkommen im Einklange steht; so darf man um so weniger anstehen, die Wiedererzeugung des Sauerstoffgas der Atmosphäre von der Pflanzenwelt abzuleiten, als sonst kein mögliches Mittel zur Erklärung dieses Phänomen's vorhanden ist. Das von vielen hingegen vorgebrachte, zuletzt

1 Saussüre Ann. de Chim. et Ph. XIX. 145.

2 Ann. de Chim. et de Phys. XXI. 279.

Digitized by Google

genannte Argument, nämlich dafs das Mischungsverhältnifs der Atmosphäre im Winter und im Sommer gleich ist, kommt gar nicht in Betrachtung, indem die Quantität des jederzeit verzehrten Antheils im Verhältnifs zur Menge der Luft überhaupt nur geringe ist, durch Strömungen und Stürme ein stetes Mischen derselben statt findet, und für die geringe Geschwindigkeit einer Bewegung von 6 lieues auf eine Stunde binnen 8 Tagen Luft vom Aequator und vom Pole zusammentrifft[1].

Wasserstoffgas findet sich in mefsbarer Menge nirgend in der atmosphärischen Luft, aufser neben den Kratern der Vulcane, und seine Quantität ist nach Humboldt und Gay-Lüssac überhaupt so geringe, nämlich unter 0,003; dafs man noch kein Mittel kennt, die Anwesenheit desselben nachzuweisen[2], wenn es überhaupt vorhanden ist. Wegen der Leichtigkeit desselben hat man vermuthet, dasselbe müsse vorzüglich in gröfseren Höhen angetroffen werden; allein die Luft, welche Gay-Lüssac von seinem aërostatischen Auffluge aus 6636^{m} = 20428 F. mitbrachte, liefs

1 Gay-Lüssac Ann. de Chim. et de Ph. II. 199. Bei der so vielfach untersuchten Frage über die Wiedererzeugung des Sauerstoffgas hat man vorzüglich die Verzehrung desselben durch die Respiration im Auge gehabt. Allein es läfst sich auch ohne Berechnung leicht überschen, dafs dieser Antheil bei weitem der geringste ist. Ohne Vergleich gröfser ist nämlich diejenige Quantität, welche zum Verbrennen und überhaupt zur Zersetzung der Vegetabilien erfordert wird. Berücksichtigt man die durch beide Processe, den Athmungs- und Pflanzen-Zersetzungs-Proceſs, entstehenden Producte, nebst der Verwendung der Pflanzen überhaupt und der Wechselwirkung zwischen der Thier- und Pflanzenwelt, so leidet es wohl keinen Zweifel, dafs das durch diese beiden genannten Processe verzehrte Sauerstoffgas durch die Vegetation wieder ersetzt wird. Weit schwieriger ist die Frage in Beziehung auf denjenigen Antheil Sauerstoffgas, welcher durch die Bildung von Säuren (z. B. Schwefelsäure) und Oxyden zwar in geringer, aber doch immer in mefsbarer Quantität verzehrt wird. Aber auch in dieser Hinsicht dürfte es nicht zu gewagt seyn, anzunehmen, dafs die auf diese Weise erzeugten Producte durch die Animalien und vorzüglich durch den Kohlenstoff auf der Oberfläche der Erde wieder zersetzt werden, und auf diese Weise endlich als Kohlensäure ihren Antheil Sauerstoffgas durch die Vegetabilien der Atmosphäre wieder abgeben.

2 Thomson Système de Chim. III. 224.

Digitized by Google

keine Spur daran wahrnehmen[1]. Uebrigens ist die Quantität des reinen und unreinen Wasserstoffgases, welches stets von der Erde aufsteigt, keineswegs unbedeutend. Parrot[2] berechnet, dafs, wenn von 1 Quad. Z. Oberfläche in 24 Stunden nur 0,0001 Cub. Z. entstände, dieses in einem Jahre doch fast 14 Bill. Cub. F. betragen würde. Entbunden wird dasselbe aber vorzüglich aus Sümpfen und Morästen, aus zersetzten thierischen Substanzen, durch animalische Ausdünstung, durch trockne Destillation des Holzes bei der Verkohlung und in geringer Quantität im Dufte der Blumen. Lavoisier meinte daher schon, dafs diese Gasart in die oberen Regionnen aufsteige, von dort hauptsächlich in den äquatorischen Gegenden auf der Oberfläche der Atmosphäre nach den Polen hinströme, und durch sein Verbrennen manche feurige Meteore, namentlich die Nordlichter erzeuge, eine Idee, welcher verschiedene andere Naturforscher beigetreten sind[3]. Indefs streitet hiergegen, wie unter andern Dalton[4] richtig bemerkt, die Eigenschaft dieser Gasart, sich mit der Atmosphäre gleichmäfsig und ohne Einflufs seines spec. Gew. zu mischen. Indem nun die Hypothesen, wonach dasselbe in den höchsten Regionen verbrennen und dadurch die feurigen Meteore bilden, oder im Gewitter mit Sauerstoffgas verbunden zur Erzeugung der heftigen Regen explodiren soll, gegenwärtig als durchaus unhaltbar anzusehen sind, so bleibt nichts weiter übrig, als eine durch den Einflufs des Lichtes und vielleicht auch anderer Potenzen statt findende langsame Verbindung desselben mit dem Sauerstoffgas der Atmosphäre zu Wasser anzunehmen[5].

Die Kohlensäure ist kein wesentlicher Bestandtheil der atmosphärischen Luft, indem die Menge derselben wechselt. Durch die vielen Processe des Verbrennens von Kohlen, des Athmens und des Vermoderns kohlenstoffhaltiger

1 J. d. Ph. LIX. 454. G. XX. 55.

2 Physik. III. 408. Vergl. Ingenhousz Nouvelles Experiences sur divers obj. de Phys. I. 289.

3 H. Robertson on the atmosphere 1808. 2 Vol. 8.

4 Mem. of Manchester. V. 535.

5 Fischer in Allgem. Nord. Ann. III. 125.

Substanzen, insbesondere der Gewächse, durch die verschiedenen Gährungen u. s. w. wird indefs eine solche Menge erzeugt, dafs sie sich überall, auch selbst in gröfseren Höhen findet. Ehemals gab man die Menge derselben viel zu grofs an. Gehler[1] z. B. nennt $\frac{1}{10}$ des Ganzen, Girtanner nach Schätzung 0,01. Der erste, welcher dieses genauer untersuchte, war v. Humboldt, welcher vermittelst eines eigends zu diesem Zweck erfundenen Messwerkzeuges, des *Anthrakometers*, die Menge derselben zwischen 0,018 und 0,003 fand[2]. Die späteren Angaben sind in der Regel geringer, und Berzelius[3] bestimmt diesen Antheil im Mittel nur zu 0,001, welches auch als richtig angesehen werden kann, wenn nicht örtliche Einwirkungen eine Vermehrung dieses Antheils herbeigeführt haben. Dalton[4] giebt ihre Menge noch geringer an, nämlich nur = 0,00071, wogegen aber Thomson[5] sehr richtig bemerkt, dafs diese Gröfse, durch Versuche mit Kalkwasser gefunden, wahrscheinlich zu klein ist, und man im Mittel 0,001 annehmen mufs. Dieses gilt indefs nur von reiner atmosphärischer Luft, wie sie sich über dem Lande befindet, das Meer aber entzieht nach Versuchen von Vogel[6] über der Ostsee und im Kanal bei Dieppe angestellt, der Atmosphäre die Kohlensäure so stark, dafs kaum eine Spur davon zurückbleibt. In Zimmern dagegen, welche mit Menschen erfüllt sind, in Krankensälen, Schlafkammern u. s. w. ist ihre Quantität gröfser, wie z. B. in der Luft aus den Hospitälern in Cork 0,01 Kohlensäure mehr, als in der des Observatoriums daselbst[7], und in einem Saale, worin 200 Menschen 2 Stunden geathmet hatten, durch Dalton[8] 0,01 gefunden wurde. In Kellern endlich oder in Gewölben, in denen diese schwerere Gasart niedersinkt, insbesondere wenn Weine und sonstige gährende Substanzen

1 II. 396.
2 Vers. über d. chem. Zerlegung d. Luftkreises. G. IV. 79.
3 Chemie. I. 240.
4 Phil. Mag. XXIII. 354.
5 Syst. de Chim. III. 222.
6 G. LXXII. 277.
7 Ann. of Phil. XI. 214.
8 Manchester Mem. New Ser. I. G. XXVII. 385.

Digitized by Google

sich darin befinden, und kein Luftzug die entwickelte Gasart entfernt, ist ihre Quantität oft so grofs, dafs die Luft aufhört, respirabel zu seyn, welches eintritt, wenn die Menge derselben bis 0,1 steigt. Aufserdem will Saussüre d. j.[1] den Gehalt der ruhigen Luft an Kohlensäure im Winter = 0,000479, im Sommer aber = 0,000713 dem Volumen nach gefunden haben. Gay-Lüssac[2] findet einen solchen Unterschied unwahrscheinlich, allein bei ruhiger Luft wäre derselbe aus den Gährungen der Erde im Sommer, woraus Saussüre ihn ableitet, allerdings wohl erklärlich.

Die zuletzt erwähnten Processe und örtlichen Bedingungen finden in höheren Regionen der Atmosphäre in der Regel nicht statt, und dort kann also die Quantität der Kohlensäure nicht füglich über die mittlere hinausgehen. Letztere findet sich aber, so weit die Beobachtungen reichen, dort beständig. So fand v. Saussüre, dafs Kalkwasser auf dem Montblanc in einer Höhe von 2380^t der Luft ausgesetzt, getrübt wurde, ohngeachtet keine Spur von Vegetation dort vorhanden war[3]; v. Humboldt fand Kohlensäure in der Luft, welche Garnerin von seinem aërostatischen Aufluge mitbrachte[4], und Gay-Lüssac auch in der, welche er bei seinem Aufsteigen im Aërostaten in der höchsten bis jetzt erreichten Höhe von 20428 F. aufgefangen hatte.

Da das kohlensaure Gas in grofser Menge durch die zahlreichen Processe des Athmens, Verbrennens, der Gährungen, Fäulnifs u. s. w. entbunden wird, und vermöge seines gröfseren spec. Gew. nicht in die Höhe steigen kann, so müfste seine Quantität sich bald so sehr vermehren, dafs die Luft dadurch irrespirabel würde. Es leidet indefs keinen Zweifel, dafs diese Gasart fortwährend durch die Vegetabilien wieder verzehrt wird[5], entweder indem sie durch die grünenden Theile derselben unmittelbar aufgesogen, oder an Wasser gebunden, denselben zugeführt und auf diese Weise in ihre Bestandtheile zerlegt wird, von denen der Kohlen-

1 Ann. de Chim. et de Phys. II. 199. G. LIV. 228.
2 a. a. O.
3 Voyages IV. 199.
4 J. d. P. XLVII. 202.
5 Thomson Système de Chim. III. 223.

Digitized by Google

stoff zur Ernährung der Pflanzen, das Sauerstoffgas aber zur Verbesserung der atmosphärischen Luft dient.

Der Wasserdampf der Atmosphäre verändert die lichtbrechende Kraft derselben nicht, und seine Quantität fällt daher nicht in die Augen; dagegen aber vermindert er die Dichtigkeit und das Gewicht der Luft, hat also hiernach einen mittelbaren Einfluss auf die Strahlenbrechung, einen unmittelbaren aber auf die Höhenmessungen vermittelst des Barometers, und aufserdem bedingt er das Entstehen nebst der Menge des Regens und der Hydrometeore überhaupt, sobald er sich durch Verminderung der Temperatur in tropfbares Wasser verwandelt. Man hat sich daher schon seit langer Zeit viele Mühe gegeben, die Dichtigkeit des Wasserdampfes in der atmosphärischen Luft, oder die Menge des Wassers, woraus derselbe gebildet ist, zu bestimmen, bediente sich hierzu aber der *Hygrometer*, welche ihrer Natur nach, auf die Dauer wenigstens, keine richtige Resultate geben. Nach Brander [1] sollen 2° seines Darmsaiten-Hygrometers 3 Gr. Feuchtigkeit in einem Cub. F. Luft andeuten, eine Angabe, welche eben wie alle übrigen dieser Art schon deswegen nicht richtig seyn kann, weil hierbei die Temperatur gar nicht berücksichtigt ist. Die gehaltreichsten Untersuchungen sind von Saussüre [2], wonach Dauburisson die Dichtigkeit und die dadurch bewirkte Verminderung des Gewichts der Luft für verschiedene Höhen berechnet hat [3]. Indefs ist weder die dabei zum Grunde liegende *Daltonsche* Bestimmung der Dichtigkeit des Wasserdampfes, noch die *Saussüre'sche* der Quantität des Wassers als Dampf in einer gegebenen Menge Luft völlig genau. Im Mittel bestimmt Saussüre die Quantität des Wassers in einem Cub. Decimeter Luft bei 19° C. des Thermometers auf 19 Milligr. [4]. Genauer sind die Angaben Dalton's, welcher vorzüglich auf den Grad der Sättigung der Atmosphäre mit Wasserdampf Rücksicht nahm [5]. Theils um dieses anschau-

1 Angabe auf seinen Hygrometern.
2 S. *Dampf.*
3 J. d. Ph. LXXI. 39.
4 Thomson Système de Chim. III. 230.
5 Manchester Mem. V. 547.

lich zu machen, theils um eine wirkliche Bestimmung zu erhalten, wandte er das schon von Le Roy befolgte Verfahren an, indem er kaltes Wasser von steigender Temperatur in ein helles Glas gofs, und beobachtete, wie weit dasselbe unter der Wärme der umgebenden Luft erkaltet seyn mufste, um einen Niederschlag von Wasserdampf an der Oberfläche des Glases zu bewirken. Aus derjenigen höchsten Temperatur des Wassers, bei welcher der feinste Niederschlag erfolgte, berechnet er die Elasticität des Dampfes in der Atmosphäre, welche als eine Function der Wärme anzusehen ist; und indem die Dichtigkeit desselben wiederum eine Function seiner Elasticität ist, so läfst sich hiernach die Quantität des verdampften Wassers finden. Im Mittel wechselt diesem zu Folge der Wasserdampf der Atmosphäre zwischen 0,0166 und 0,0033, oder genauer beträgt in unsern Gegenden die gröfste Menge desselben 0,014 des Volumens der Luft selbst [1].

Genauere Untersuchungen über die Gesetze der Dampfbildung verbreiten über diese Frage mehr Licht. Aus diesen geht hervor, dafs die Dichtigkeit des Wasserdampfes, wovon hier zunächst die Rede ist, oder die Menge des völlig verdampften und expandirten Wassers in einem gegebenen Raume blofs von der Temperatur abhängt, und mit dieser zugleich nach einem bestimmten Gesetze wächst. Nimmt man dann ferner an, dafs in einem gewissen Raume so viel desselben enthalten sey, als darin bestehen kann, ohne dafs ein Theil niedergeschlagen wird, so wäre hiermit das Maximum seiner Dichtigkeit gegeben, welches am besten durch die Formel $\delta = 0{,}0064107 \frac{\varepsilon}{213+t}$ berechnet werden kann [2], worin δ die Dichtigkeit gegen Wasser als Einheit, ε aber die der Temperatur $= t$ in Graden der achtzigtheil. Scale zugehörige Elasticität, durch den Druck einer Quecksilbersäule in pariser Zollen gemessen, bezeichnet. Wird hierin der Werth von ε aus der Formel Log. $\varepsilon = 4{,}286$

1 Phil. Mag. XXIII. 383.

2 S. *Dampf.*

$+ \text{Log.}\,(213+t) - \frac{1551{,}09}{213+t}$ substituirt, so ist Log. δ

$= 0{,}8069055 - 3 + \frac{4{,}286\,t - 638{,}172}{213+t}$ eine Function der Temperatur in Graden der 80th. Scale [1].

Hieraus ergiebt sich in Beziehung auf die Atmosphäre, dafs die Quantität des Wasserdampfes in derselben unter höheren Graden der Breite und im Winter, desgleichen in gröfseren Höhen weit geringer ist als unter geringeren Breiten, im Sommer und näher an der Oberfläche der Erde, woraus die stärkeren tropischen Regen und die in den Sommermonaten erklärlich sind. Vorzüglich aber kommt der Grad der Trockenheit der Luft in Betrachtung. Es leidet nämlich keinen Zweifel, dafs die Atmosphäre nur selten mit Wasserdampf völlig gesättigt ist, vielmehr wechselt dieser Grad der Sättigung vom Maximo der Dichtigkeit des Wasserdampfes, wodurch alle Körper feucht werden, bis zur völligen Trockenheit, wobei selbst zerflossenes Weinsteinsalz und salzsaurer Kalk, ihrer grofsen Affinität zum Wasser ungeachtet, trocken werden. Die Bestimmung derjenigen Temperatur der Atmosphäre, für welche der Wasserdampf in derselben im Maximo der Dichtigkeit seyn würde, kann durch das oben angegebene Verfahren von LE ROY und DALTON erhalten werden, noch leichter aber durch das Hygrometer [2]. Diese letzteren Werkzeuge sind entweder von der Art, dafs sie diese Temperatur unmittelbar angeben, wie das von DANIELL vorgeschlagene und die hiernach construirten, oder von der Art, dafs sie die, einer jeden Temperatur zugehörige Dichtigkeit des Wasserdampfes vom Puncte der gröfsten Trockenheit oder völliger Abwesenheit alles Wasserdampfes bis zum Maximo der Dichtigkeit in 100 Theilen bezeichnen, wie die meisten übrigen seyn sollten, namentlich die von DE SAUSSÜRE und von DE LÜC. Angenommen die auf denselben befindlichen 100 Grade wären

1 Eine ausführliche Tabelle über die Dichtigkeit des Wasserdampfes findet sich unter Artikel: *Dampf*.

2 S. *Hygrometer*.

Digitized by Google

wirklich absolute Besimmungen dieser Art, so würden sie die Quantität des in der Atmosphäre befindlichen Wasserdampfes genau angeben. Indem nämlich die Tabelle, worin die Dichtigkeit des Wasserdampfes als eine Function der Wärme ausgedrückt ist, das einer bestimmten Temperatur zugehörige Maximum dieser Dichtigkeit $= \delta$ angiebt, so wäre bei einem Grade des Hygrometers $= \gamma$ die wirkliche Dichtigkeit des Wasserdampfes $\delta' = \delta . 0{,}01 . \gamma$. Folgende Beispiele mögen dazu dienen, beide Arten zu erläutern. Es sey zuerst mit einem Hygrometer nach Daniell's Art bei einer äufsern Temperatur von 20° R. diejenige Temperatur gefunden, bei welcher der Wasserdampf sich zu verdichten anfängt, und angenommen, dafs diese Temperatur, welche = 10° R. seyn möge, genau das Maximum der Dichtigkeit des Wasserdampfes bezeichne, so zeigt die Tabelle für 10° die Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Wasser = 0,0000139 und gegen Luft = 0,01121, d. h. 10 Mill. Cub. F. Luft geben 139 Cub. F. Wasser, und 100000 Cub. F. Luft enthalten 1121 Cub. F. Wasserdampf von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft. Zeigte dagegen ein gewöhnliches, richtig graduirtes, Hygrometer bei 20° R. 44°, so giebt die Tabelle für diese Temperatur $\delta =$ 0,0000276 und 0,02333, und es ist sonach $\delta' =$ 0,000012144 und 0,0102652; d. h. 10 Mil. Cub. F. Luft enthalten 122 Cub. F. Wasser und 100000 Cub. F. Luft enthalten 1027 Cub. F. Wasserdampf von der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft.

Man hat lange und viel über die eigenthümliche Art gestritten, auf welche der Wasserdampf in der Atmosphäre existirt, welche Untersuchung aber vollständig unter Verdunstung gehört. Hier kommt daher nur noch eine Frage in Betrachtung, nämlich ob die Quantität des Wasserdampfes, unabgesehen von der Temperatur, in höheren Regionen anders ist, als in niedrigern. Allgemein nimmt man an, dafs die Trockenheit der Luft mit der Höhe zunimmt[1], indem diese Behauptung schon durch v. Saussüre aufgestellt, bei dem aërostatischen Auffluge Gay-Lüssac's [2] bestätigt ist. Als einen vorzüglichen Beweis darf man ferner ansehen, dafs

1 Biot Traité. I. 328.

2 J. d. Ph. LIX. 314. G. XX. 28.

nach correspondirenden 15monatlichen Beobachtungen des Hygrometers zu Genf und auf dem Hospitium des St. Bernhard bei einer Höhendifferenz von 1075^t der absolute Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre sowohl, als auch der relative in Beziehung auf die ungleiche Temperatur oben stets geringer befunden wurde, als unten, so dafs hiernach die Luft in höheren Regionen überhaupt für trockner angesehen werden mufs, als in niedrigern. Diese Differenz ist stärker am Morgen, als am Mittage, und im Winter wieder stärker als im Sommer [1]. Blofs ausnahmsweise war zuweilen selbst der absolute Feuchtigkeitszustand oben gröfser, als unten. Ob die Sache indefs wirklich in dieser Allgemeinheit sich so verhält, ist sehr problematisch. Auf der Oberfläche der Erde nämlich setzen sich die durch Abkühlung niedergeschlagenen Dünste sogleich an die mehr erkälteten Körper namentlich als Thau und Reif an, und befreien dadurch die Luft von der überflüssigen Feuchtigkeit. In gröfseren Höhen kann dieses aber nicht geschehen, und daher ist daselbst die Atmosphäre selten ganz rein, sondern meistens milchig und oft mit Wolken erfüllt, welche auf allen Fall einen über den Zustand der Sättigung hinausgehenden Grad der Feuchtigkeit anzeigen. Aufserdem aber beweiset die grofse Feuchtigkeit der Moose auf hohen Bergen, dafs stets eine grofse Menge Wasserdampf in die Höhe steigt, und dort niedergeschlagen wird [2]. Bei dem aërostatischen Aufluge Gay-Lüssac's war die Abnahme des Hygrometerstandes auch nicht beständig, sondern das Hygrometer zeigte zuerst abnehmende, dann aber wieder zunehmende Feuchtigkeit, doch aber so, dafs dieser Physiker aus seiner Beobachtung im Ganzen auf Abnahme der Feuchtigkeit mit zunehmender Höhe schliefst, welches Resultat genau mit dem durch Beaufoy [3] erhaltenen übereinstimmt. Man könnte hiergegen einwenden, dafs der Aufflug bei Tage geschah, nachdem die Sonne schon geraume Zeit die oberen Luftschichten beschienen, mithin etwas erwärmt hatte, wohin doch die von der

1 Bibl. univ. X. 264.

2 Schultes bei G. XXI. 485.

3 Ann. of Phil. 1824. Sept. 311.

Digitized by Google

Erde aufsteigenden Dämpfe nicht sofort gelangen konnten. Gegen die Beobachtungen auf hohen Bergen liefse sich aber eben die erwähnte örtliche Entziehung des Wasserdampfes der Atmosphäre durch die Spitzen der Berge anführen. Wenn man indefs eben diese Argumente genau betrachtet, und zugleich die Abkühlung bei Nacht berücksichtigt, wodurch die Feuchtigkeiten niedersinken müssen, ohne dafs sie sich von der erwärmten Ebene sobald wieder erheben können, so ist es auch aus theoretischen Gründen wahrscheinlich, dafs der Einfluſs der kälteren Temperatur in höheren Regionen auf den Gehalt an Wasserdampf abgerechnet, diese in der Regel trockner sind, als die niedrigen [1].

Der Wasserdampf, desgleichen die Dämpfe von Alkohol, Aether und ähnlichen Flüssigkeiten, deren Quantitäten übrigens zu geringe sind, als dafs sie im Allgemeinen wahrgenommen werden könnten, und deren Anwesenheit man blofs in der Umgebung der Oerter entdeckt, wo sie verdampfen, können in der atmosphärischen Luft in gleich grofser Menge vorhanden seyn, als im leeren Raume, und die Elasticität der Luft wird durch Hinzukommen dieser um so viel vermehrt, als die Elasticität derselben beträgt. Beide Sätze sind sehr wichtig, und von vielen Physikern genau erörtert. Den ersten, nämlich dafs im luftvollen Raume, mindestens bis zum vollen atmosphärischen Drucke, eine gleiche Quantität Dampf existiren kann, als im luftleeren, folgerte zuerst v. Saussüre d. ält. aus seinen bekannten Versuchen über die Verdunstung [2], nachher aus diesen und eigenen Versuchen de Lüc [3], Volta [4], Clement und Desormes [5] u. a., in Beziehung auf Aetherdampf der jüngere v. Saussüre [6], und

1 Bei der Atmosphäre kann von ihrem Wassergehalte blofs in so weit die Rede seyn, als das Wasser sich im expandirten Zustande befindet. Tritt es aus demselben heraus, so bildet es Wolken, Nebel, Regen u. s. w., wovon besonders gehandelt wird.

2 Vers. über Hygrometrie. D. Ueb. p. 128.

3 Phil. Tr. 1792. p. 403. J. d. Ph. XXXVI. 204. Idées sur la Météor. I. 1. §. 14. G. XLI. 168.

4 Gren N. J. III. 479.

5 Ann. de Chim. XLII. u. XLIII. G. XIII. 144.

6 Gehlen N. J. IV. 9.

Digitized by Google

durch eine grofse Reihe von Versuchen, welche zugleich Grundlage einer eigenen Theorie wurde, insbesondere Dalton [1] hinsichtlich auf Wasser und sonstige Flüssigkeiten, so dafs dieser Satz von den bedeutendsten Physikern, z. B. Tralles [2], Hauy [3], Biot [4], Soldner [5], und vielen andern als allgemein gültiger Grundsatz in der Naturlehre angenommen ist. Ist *dieses* aber richtig, so folgt der *zweite Satz* hieraus fast nothwendig von selbst, indem der Druck, welchen zwei, sich nicht chemich bindende, sondern nur gleichsam neben und in einander existirende expansibele Flüssigkeiten ausüben, der Summe ihrer Pressungen gleich seyn mufs. Dalton [6] drückt dieses durch eine eigene, nach ihm benannte Formel aus. Ist nämlich der Raum, welcher irgend eine völlig trockne Gasart bei einer gegebenen Temperatur einnimmt, $= 1$, der Druck, welchen sie ausübt $= p$, der Druck des Dampfes irgend einer Flüssigkeit, gleichfalls durch die Höhe der Quecksilbersäule ausgedrückt $= f$, so ist beider Druck nach der Vereinigung, Unveränderheit der Temperatur und des Raumes vorausgesetzt, $= p + f$, der Raum der Gasart aber bei unverändertem Drucke $= 1 + \frac{f}{p-f} = \frac{p}{p-f}$. Ist daher z. B. bei einer Temperatur von 82°,22 C. $p = 76^{cm}$ und für Wasserdampf im Maximo der Dichtigkeit bei dieser Temperatur $f = 38^{cm}$, so ist der Raum nach der Vereinigung $= \frac{76}{76-38} = 2$ oder doppelt so grofs.

Kürzlich habe ich selbst [7] dieses Gesetz sowohl theoretisch als auch durch Versuche aufs Neue geprüft, und als Resultat gefunden, dafs dasselbe zwar in seiner ganzen Ausdehnung, eben wie das Mariottesche, nicht gültig seyn kann,

1 Manchester Mem. V. P. II. p. 572. Bibl. Brit. XXI. 14. G. XII. 385.
2 G. XXVIII. 481.
3 Traité élém. de Phys. I. 182.
4 G. XXXV. 425.
5 G. XXXII. 205.
6 a. a. O.
7 Munke Physikal. Abhandl. p. 361.

Digitized by Google

weil die Zusammendrückung der Luft endlich die Theile derselben einander so nahe bringen mufs, dafs ein Eindringen der Dampfpartikeln zwischen dieselben nicht weiter möglich seyn kann, obgleich nach Thomson[1] ohne Zweifel die Zwischenräume zwischen den Bestandtheilen der Gasarten gegen diese letzteren so grofs sind, dafs keine Zusammendrückung durch die uns zu Gebote stehenden Mittel vermögend seyn wird, das freie Eindringen der Theile des Dampfes zwischen dieselben zu hindern; dafs aber nach den Ergebnissen aller angestellten Versuche die Luft unter dem gewöhnlichen Drucke der Atmosphäre sicher eben so viel Wasserdampf oder Aetherdampf aufzunehmen vermag, als der leere Raum, und noch eine kleine, aus den erhaltenen Gröfsen selbst nicht gut bestimmbare Menge mehr. In allen wiederholten Versuchen nämlich trat die vollständige Verdampfung einer gemessenen, in einem gläsernen Ballon enthaltenen Quantität Wassers und auch Aethers bei einer etwas niedrigeren Temperatur ein, wenn zugleich Luft im Ballon enthalten war, als im luftleeren, oder es wurde dieser Zustand der völligen Expansion des Wasserdampfes mindestens leichter erhalten. Wäre dieses Resultat wirklich begründet, so müfste man annehmen, dafs die Theilchen der Luft und des Wasserdampfes einander gleichsam bänden, wodurch der letztere mehr im Zustande der Expansion erhalten würde; indefs ist es wahrscheinlicher, dafs die leichtere Beweglichkeit des Dampfes im leeren Raume den feinsten Niederschlag früher gegen die Wände des Ballons trieb, statt dafs er in der Luft desselben mechanisch schwebend erhalten wurde, und man darf also den anfangs aufgestellten Satz als völlig begründet ansehen. Ein anderes dort angegebenes Resultat der Versuche ist, dafs Dämpfe von zwei Flüssigkeiten, namentlich von Wasser und Schwefeläther, im Maximo ihrer Dichtigkeit nicht in dem nämlichen, mit trockner Luft erfüllten Raume existiren können, sondern dafs ein Theil derselben in tropfbar flüssiger Gestalt niedergeschlagen wird. Nur ein Versuch wurde über diesen Gegenstand angestellt. In einem luftleeren gläsernen Ballon befand sich Aether-

1 Système de Chim. III. 40.

dampf, welcher bei 13°,5 R. völlig expandirt war; als aber gemeine feuchte Luft bei gleicher Temperatur zugelassen, mithin Wasserdampf mit dem Aetherdampfe verbunden wurde, erfolgte ein Niederschlag, und die vollkommene Expansion beider gemengter Dampfarten fand erst bei 16°,5 statt. Dafs mehrere Arten Dampf von beliebiger Menge in der atmosphärischen Luft nicht neben einander bestehen können, ist wohl ausgemacht, indefs verdient dieser, für die Mischungsgesetze expansibeler Flüssigkeiten wichtige Gegenstand erst durch neue Versuche genauer ausgemittelt zu werden.

Endlich ist die schnelle Verdampfung der Flüssigkeiten bekannt, welche im luftleeren Raume statt findet, und man hat hieraus häufig gefolgert, dafs alle tropfbaren Flüssigkeiten schnell verdampfen würden, wenn die atmosphärische Luft, und somit auch der Druck, welchen sie ausübt, weggenommen würde. Wenn man aber berücksichtigt, dafs im luftleeren Raume nicht mehr Dampf existiren kann, als im luftvollen, wenn wir ferner annehmen, dafs für den Dampf der Flüssigkeiten eben so wohl eine nothwendige Grenze bestehen müfste, als für die Luft; und dafs daher nach Wegnahme der atmosphärischen Luft statt der jetzigen, aus Luft und Dampf zusammengesetzten Atmosphäre eine aus Dampf allein bestehende die Erde umgeben würde; so folgt von selbst, dafs blofs so viel Flüssigkeit in diesem angenommenen Falle mehr verdampfen könnte, als erforderlich wäre, die gegenwärtig an vielen Orten unter dem Puncte der vollkommenen Sättigung mit Feuchtigkeit bestehende Dampfatmosphäre auf das der Temperatur zugehörige Maximum der Dichtigkeit zu bringen, wozu nicht viel Flüssigkeit erforderlich seyn würde. Die übrige Flüssigkeit würde indefs dann eben so gut bestehen, als jetzt, wie Dalton[1] in der Hauptsache richtig bemerkt.

Unter die, zur Luft nicht wesentlich gehörigen, nur mechanisch beigemengten Substanzen gehört insbesondere die *Salzsäure* und *salzsaure Salze*, deren Anwesenheit nur mit Mühe durch die chemische Zerlegung, sicherer und leichter

1 Neues System. I. 185.

aber im Regenwasser erkannt wird. Salzsaures Gas in der Atmosphäre vorzüglich in der Nähe des Meeres entdeckten nach vielen sorgfältigen Beobachtungen, sowohl eigenen als fremden, Driesen[1], Craanen[2] u. a.; nachher Hermbstaedt[3] und Vogel[4]; in der Luft bei Halle in der Nähe der Salinen konnte indefs Meissner[5] keins wahrnehmen. Mechanisch fortgerissenes Salz in der Luft hat man wiederholt in der Nähe der Meere entdeckt, indem es aus dieser fortgeführt wird, und nach dem Verdunsten des Wassers sich an die Gegenstände in Gestalt feiner Krystalle ansetzt[6]. Insbesondere ist dieses in der Nähe des *todten Meeres* häufig der Fall. Auch salzsauren Kalk im Regenwasser entdeckte schon Bergmann und van Rossem[7], nachher Lampadius[8] und Hermbstaedt[9]. Sonstige verschiedene Stoffe, welche nothwendig in der Atmosphäre vorhanden seyn müssen, weil wir sie oft in grofser Menge aufsteigen sehen, insbesondere Rauch und Asche nebst anderweitigen Substanzen aus Vulcanen, der dicke, zuweilen ganze Districte überziehende Rauch von verbrannter Heide[10], die Bestandtheile des Höhrauchs oder trocknen Nebels[11], viele Stoffe, welche aus Hochöfen, von Fabriken, Laboratorien und sonst vielfach von der Erde aufsteigen, so wie diejenigen meteorischen Substanzen, welche nach Chladni u. a. vielleicht kosmischen Ursprungs sind[12], und auch die örtlich entstandenen partiellen Beimischungen, als hydrothionsaures Gas über Schwefelquellen, nebst den Producten der thierischen und vegetabilischen Zersetzungen, Gährungen u. s. w. können hier nur beiläufig im Allgemei-

1 Allgemeene Konst- en Letter-Bode. 1803. N. 2. ff.
2 Naturkundige Verhandelingen u. s. w. Haarlem 1814.
3 Schweig. J. XXXII. 280.
4 G. LXXII. 277.
5 Schweig. J. N. R. VI. 161.
6 G. XXXI. 98.
7 Dissert. medico-chemica de Aqua. Groning. 1810. p. 27 u. 46.
8 Schweig. J. XXX. 256.
9 Ebend. XXXI. 505.
10 L. L. Finke naturhistorische Bemerkungen über den Moordampf in Westphalen. Hann. 1820. 8.
11 S. *Nebel, trockne.*
12 S. *Meteorsteine.*

nen erwähnt werden. Als eine merkwürdige, durch fortgesetzte Untersuchungen künftig näher zu prüfende Erfahrung ist es endlich anzusehen, dafs M. W. Zimmermann[1] im frisch gefallenen Schnee eine geringe Menge Eisenoxyd mit sehr wenigem Mangan, von beiden in 4 Pfd. Wasser etwa 0,001 Unze gefunden haben will. Blofs die Miasmen verdienen noch eine nähere Untersuchung.

Dafs sich der Gesundheit schädliche Substanzen, sogenannte *Miasmen* (*μίασμα* Verunreinigung von *μιάζω* verunreinigen) in der Atmosphäre befinden, welche dieselbe entweder überhaupt für die Gesundheit nachtheiliger machen oder bestimmte Krankheiten erzeugen und durch die Luft verbreiten, ist auf keine Weise zu bezweifeln, desgleichen ist es mindestens höchst wahrscheinlich, dafs sie in wirklichen höchst fein vertheilten Stoffen bestehen, deren Ursache und Quelle man zuweilen bestimmt nachweisen kann, ohne dafs es bis jetzt noch geglückt ist, sie selbst für sich darzustellen. Zwar sind die Versuche von Dürüytren und Thenard, noch mehr aber die von Moscati, sehr interessant, und es verdienten vorzüglich die letzteren wiederholt zu werden; ob aber der von ihnen erhaltene flockige Niederschlag wirklich condensirtes Miasma gewesen sey oder nicht, bleibt immer ungewifs. Erstere erhielten nämlich diese flockige, sich bald zersetzende, faulende und übel riechende Substanz in destillirtem Wasser mit Kohlenwasserstoffgas imprägnirt, welches aus thierischen Stoffen durch Fäulnifs entstanden war, letzterer aber hing Glaskugeln mit Eis gefüllt, über den ungesunden Reisfeldern und in Hospitälern auf, vertheilte den auf ihrer Oberfläche entstehenden Niederschlag in destillirtem Wasser, und fand, dafs sich gleichfalls eine flockige Substanz daraus absonderte[2]. Gesetzt aber auch, diese Versuche bewiesen gar nichts, so geht doch aus dem schädlichen Einflusse von Krankenhäusern und sonstigen, die Fäulnifs vegetabilischer und insbesondere thierischer Stoffe unterhaltenden Gegenden das Vorhandenseyn wirklicher Ansteckungsstoffe ganz unverkennbar hervor. So er-

1 Isis. 1824 Hft. V. p. 511.

2 Ann. de Chim. LXXXII. 330. Schweig. J. V. 322.

Digitized by Google

zeugen z. B. die sumpfigen und morastigen Thäler in Mexico anhaltende Fieberkrankheiten [1], und nach Austrocknung eines Sumpfes bei Acapulco hörten die jährlich dort herrschenden Fieber sogleich auf [2].

Am auffallendsten ist die Anwesenheit und der Einfluſs dieser Miasmen in denjenigen Gegenden, welche sie von den Pontinischen Sümpfen her erhalten, vorzüglich in der sogenannten Campagna di Roma. Rigaud de l'Isle [3] zieht aus seinen wiederholten Beobachtungen derselben folgende Resultate.

1. Die Miasmen sind so schwer, daſs sie sich ohne Hülfe eines leichteren Körpers gar nicht erheben würden, und diejenigen Ortschaften, welche in der Höhe von Sezze, also 306^{m} über der Meeresfläche liegen, sind denselben nicht mehr ausgesetzt, aufser Velletri durch seine besondere Lage. Auch in Syrien [4] und den vereinigten Staaten [5] hört der nachtheilige Einfluſs der Sümpfe in gröſseren Höhen auf.
2. Sie haben keinen Geruch, obgleich sie mit übelriechenden Stoffen verbunden seyn können. Oft verbreitet sich von den nahen Sümpfen ein widerlicher Geruch, welcher in die Häuser dringt, ohne nachtheilige Folgen, und oft ist die Luft angenehm duftend von Blumengerüchen, und zugleich höchst ansteckend.
3. Die Gefahr der Ansteckung ist gröſser des Abends und Morgens, als am Tage, und am geringsten bei der stärksten Hitze am Tage, am stärksten gerade beim Untergange der Sonne.
4. Ein Wald, Hügel und Berg, aber selbst auch eine Mauer oder bloſse Wand sichert mehr oder weniger gegen ihren Einfluſs, eine Beobachtung, welche sich auch an andern Orten bestätigt [6].

---

1 v. Humboldt Essai Pol. IV. 524.
2 Langsdorf Reis. II. 188.
3 Bibl. Univ. V. 13. Vergl. G. LIV. 56.
4 Volney Voyage en Syrie et en Egypte. I. 292.
5 Rochefoucault Voy. dans les Etats-Unis. IV. 189.
6 Volney Voy. en Syrie. II. 172.

Digitized by Google

Dafs die ansteckenden Miasmen nicht durch den Geruch kenntlich sind, ist allgemein anerkannt [1], und manche unangenehme Gerüche sind unter gewissen Umständen nicht blofs unschädlich, sondern sogar heilend, wie die Luft über Viehställen in Lungenkrankheiten. Ueberhaupt scheinen anfangende Moderungen und Zersetzungen vegetabilischer und thierischer Stoffe weit weniger nachtheilig, auch gedeihen die Menschen besser in dumpfigen und übelriechenden Zimmern der Handwerker und Gewerbsleute, als in anscheinend reiner und mit Wohlgerüchen erfüllter Luft über veralterten modernden Substanzen, z. B. über verschütteten Stadtgräben, lange gebrauchten Kirchhöfen und Todtengewölben, oder in deren Nähe, so wenig auch äufserlich etwas der Gesundheit Nachtheiliges zu entdecken ist.

Merkwürdig und zugleich das wirkliche Vorhandenseyn sonst unmerklicher Ansteckungsstoffe deutlich beweisend, ist endlich das lange Zeit fortdauernde Ankleben derselben an gewissen Körpern. So erzählt Sennert [2], dafs ein durch die Pest in Breslau 1542 inficirtes Packet Leinwand noch nach 14 Jahren diese Krankheit wieder erzeugte, und nach Diemerbroek [3] bekam ein Mann in Nimägen Pestbeulen am Fufse durch die Berührung von Stroh, worauf vor 8 Monaten ein Pestkranker gelegen hätte, obgleich dasselbe diese ganze Zeit hindurch der freien Luft ausgesetzt gewesen war.

Auf welche Weise dem schädlichen Einflusse der Miasmen zu begegnen sey, ergiebt sich leicht. Entweder sucht man nämlich dieselben durch einen stets erneuerten Luftzug und Herzuführung frischer Luft vermittelst der verschiedenen *Ventilatoren* [4] zu entfernen, oder, was der Erfahrung zu Folge noch wirksamer ist, man bemüht sich, den Ansteckungsstoff selbst zu zerstören. Dafs dieses durch die gewöhnlichen wohlriechenden Räucherungen nicht geschehen könne, folgt aus ihrer Beschaffenheit von selbst, indem der entstandene Rauch oder Dampf aus kohlenstoffhaltigem Was-

1 Vergl. Hildenbrandt über den Typhus. p. 299. u. a.
2 De febribus Lib. IV. c. 3.
3 De Peste L. IV.
4 S. *Ventilator.*

Digitized by Google

serstoffgas besteht, welches der Gesundheit mehr schädlich als zuträglich ist, und blofs in so fern nützlich seyn kann, als er die widerlichen Gerüche einhüllt, und ihren unmittelbaren, einen krankhaften Zustand erzeugenden, Einfluſs auf die Geruchsnerven aufhebt. Aus gleichen Gründen, nämlich wegen des reizenden und betäubenden Eindrucks auf die Nerven kann das Tabackrauchen als ein Mittel angesehen werden, den Einfluſs der verdorbenen Luft auf die Gesundheit zu mildern, keineswegs aber, als wenn dieser Rauch die Miasmen zerstörte, oder die Menschen gegen ihren ansteckenden Einfluſs unempfänglich machte [1]. Als zweckdienlichstes Mittel zur Zerstörung der Miasmen hat man dagegen seit langer Zeit die Säuren angesehen, und die üblichen Räucherungen mit Essig und einigen hineingeworfenen Nelken sind aus theoretischen Gründen, wie auch der Erfahrung zu Folge allerdings zu empfehlen. Für noch wirksamer hielt man den sogenannten vinaigre des quatres voleurs, oder den Pestessig, dessen Kraft vorzüglich gegen die Ansteckung der Pest schützen soll, aber weniger leistet als Radicalessig oder die Essigsäure [2]. In den neuesten Zeiten hat man allgemein den Smith'schen Räucherungen mit salpetersauren Dämpfen, und noch mehr den durch Guyton de Morveau vorgeschlagenen mit Chlorgas mit Recht den Vorzug zugestanden [3]. Die ersteren erhält man durch Hineinwerfen von Salpeter in Schwefelsäure, aus welchem hierdurch die Salpetersäure als Dampf ausgeschieden wird,

1 Bartlett empfiehlt als Mittel gegen Ansteckung das Tragen der Schleier, und sucht dieses durch einige Beispiele zu bestätigen. Ann. of Phil. XV. 12. Ein physischer Grund hiervon ist kaum abzusehen.

2 G. IX. 361.

3 Guyton de Morveau Traité des moyens de desinfecter l'air, de prévenir la contagion et d'en arrêter les progrès. 3me ed. Par. 1807. 8. G. IX. 357. Für jede verständliche Anweisung, wie man es anzufangen habe, um bei bösartigen Fieberepidemieen aller Art sich gegen Ansteckung zu schützen, und der Verbreitung derselben durch Räucherungen mit grüner Salzsäure Einhalt zu thun, belegt durch eine Sammlung von Erfahrungen im Grofsen, von L. W. Gilbert. Leipz. 1813. 8. Gimbernat Instruction sur les Moyens propres à prévenir la contagion des fièvres épidémiques. Strasb. 1814. 8.

Digitized by Google

und sich in den zu reinigenden Zimmern verbreitet. Für die Wirksamkeit derselben hat man allerdings einige nicht verwerfliche Zeugnisse, z. B. von Mojon [1], noch mehr aber von Cabanellas. Dieser räucherte einen Rock, worin ein an der Influenza Leidender in Sevilla gestorben war, zuerst mit Schwefel, dann mit salpetersauern Dämpfen, schlief unter ihm eine Nacht, trug ihn den folgenden Tag, und wurde dennoch nicht angesteckt [2].

Für die Guyton'schen Räucherungen hat man vielfache Vorschriften gegeben, und eine grofse Menge Apparate erfunden. Zuerst schlug Guyton de Morveau vor, verdorbene Luft durch Kochsalz und aufgegossenes Vitriolöl zu zerstören [3], nachher aber bediente er sich des Chlorgas, welches am besten aus 3 Th. Kochsalz, 2 Th. Braunstein und 4 Th. Schwefelsäure mit der Hälfte Wasser verdünnt, alles dem Gewichte nach, bereitet wird. Die Anwendung derselben zur Reinigung alter Cloaken, der verpesteten Viehställe und Krankenzimmer, zur Zerstörung ansteckender Miasmen und zur Sicherung gegen deren nachtheiligen Einfluſs geschieht auf mannigfaltige Weise und mit verschiedenen Apparaten.

1. Am einfachsten ist es, eine der Gröfse des zu reinigenden Ortes angemessene Quantität der Mischung von Kochsalz und gepulvertem Braunstein in einem Theeschälchen oder einem sonstigen geeigneten Gefäfse hinzusetzen, und die Schwefelsäure darauf zu giefsen. Die Entwickelung des Chlorgas geht langsam vor sich, und wird durch Hitze verstärkt. Guyton hat indefs einen eigenen sogenannten gröfseren Räucherungsapparat zu diesem Zwecke vorgeschlagen, *cassolette de salubrité* oder nach Dumotiez [4], *apparat permanent de desinfection* genannt. Dieser besteht aus einem Brette A, in welchem die beiden Ständer BB befestigt sind. Zwischen diesen liegt ein Bret d, in welches ein geeignetes dickes Glas C, ohngefähr 3 Z. im

Fig. 93.

1 Ann. de Chim. XLVI. 115.
2 Monthly Magaz. 1803. Apr. p. 295. G. XVI. 359.
3 J. d. Ph. I. 436.
4 Ann. de Chim. LII. 347.

Lichten weit und 4 Z. hoch, oben mit einem starken mattgeschliffenen Rande H H versehen, eingekittet ist. Auf dasselbe pafst eine gleichfalls mattgeschliffene starke Glasplatte dampfdicht, welche in das Bret g g eingekittet ist, und mit diesem zugleich vermittelst der hölzernen Schraube E in die Höhe gehoben werden kann. Letztere geht in dem Riegel F F, welcher wieder auf den beiden Ständern festgeschroben ist. In dem Glase befindet sich die zur Gasentwickelung bestimmte Mischung, die Glasplatte wird dann durch die Schraube festgedrückt, wenn das Gas nicht entweichen soll, dagegen aber in die Höhe gehoben, wenn man einen Ort durch die Räucherung reinigen will. Dieser Apparat ist zweckmäfsig eingerichtet, und für grofse Hospitäler oder zur Desinficirung ganzer Ortschaften oder Städte offen und im noch gröfserem Mafsstabe[1] sehr brauchbar, wenn er durch einen Sachverständigen gehandhabt wird. Unkundige könnten indefs durch den nachtheiligen und selbst lebensgefährlichen Einfluss des in grofser Menge freiwerdenden Gases, desgleichen durch das Verschütten der Schwefelsäure leicht beschädigt werden. Die letztere Unbequemlichkeit wird vermindert, wenn man sich des Chlorcalciums bedient, und diesen mit verdünnter Schwefelsäure übergiefst, wodurch die sauern Dämpfe entbunden werden.

2. Für einzelne Personen, z. B. für Aerzte und Prediger bei Krankenbesuchen und Arbeiter in Cloaken oder an sonstigen ungesunden Orten, desgleichen zur Reinigung kleiner Räume hat man mit Grunde die Räucherungsfläschchen (*flacons préservatifs et desinfectans*) empfohlen. Sie bestehen aus starken Gläsern mit eingeschmirgelten Glasstöpseln, nach Erfordernifs von 1 bis 3 Cub. Z. Inhalt. Guyton füllte sie anfangs mit 3 grammes gepulvertem Braunstein, 0,3 Cub. Z. Salpetersäure und eben so viel Salzsäure an. Nachher aber hat man sie zweckmäfsiger mit der oben genannten Mischung aus Kochsalz und Braunstein bis etwa $\frac{1}{3}$ angefüllt, diese mit Wasser blofs bis zum Feuchtseyn benetzt, dann einige Tropfen

[1] Ann. de Chim. LXXXII. 207.

Digitized by Google

Vitriolöl zugegossen und verstopft. Oeffnet man den Stöpsel, so entweicht das Gas, und hüllt den Haltenden in eine Atmosphäre desselben ein, welche durch etwas Wärme, blofs der Hand, vermehrt wird [1].

3. Wegen der Unbequemlichkeit der Güytonschen Apparate hat Metrasse [2] sehr zweckmäfsig das mit Wasser verbundene Chlor insbesondere für die Hospitäler empfohlen. Man bereitet diese Substanz, indem man das Chlorgas in kaltes Wasser aufsteigen läfst. Zu diesem Ende gieſst man die oben genannte Mischung in eine gläserne Flasche mit einem Entbindungsrohre, erhitzt diese, und läfst die entwickelte gasförmige Substanz in gläserne, mit kaltem Wasser gefüllte und in der pneumatischen Wanne umgekehrte Flaschen aufsteigen, während man sie, so wie sie von Wasser leerer werden, zuweilen schüttelt. Die Pharmakopöen, welche die Vorschriften zu dieser Bereitung enthalten, berücksichtigen nicht jederzeit die Temperatur bei diesem Verfahren. Ist nämlich das Wasser in den Flaschen unter 4° C. erkaltet, so wird das Chlor sich in gröfster Menge als eine gelbliche, wachsähnliche Substanz im Wasser anhäufen, mit Wasser über 18° C. erwärmt dagegen sich nur in geringer Menge verbinden. Am geeignetsten dürfte es seyn, Wasser in tiefen Brunnen oder Kellern zwischen 10° — 12° C. erkaltet zu nehmen, dann das Gas unter wiederholtem Schütteln so lange in demselben aufsteigen zu lassen, bis die Flaschen etwa noch halb gefüllt sind, dann sie in gleicher oder niedriger Temperatur aufzuheben, um auf diese Weise jederzeit eine gleich starke Flüssigkeit zu haben. Letztere wird sehr zweckmäfsig zum Einsprengen der Krankensäle gebraucht, und ist den Kranken unter geeigneten Umständen eher erfrischend als widerlich.

Bei allen diesen angegebenen Modificationen ist es höchst wichtig, das unmittelbare Einathmen des Chlors zu vermeiden, insbesondere aber die kleinen Flaschen nicht als gewöhnliche Riechflaschen gebrauchen zu wollen, oder

1 Ann. de Chim. XLI. 219. G. XI. 486.

2 Bulletin de Pharmacie. 1811. Fevr.

das Chlorgas aus den Flaschen mit Wasser einzuathmen, weil sonst leicht gefährlicher, selbst tödtlicher Bluthusten entstehen kann. Diese und einige andere Gefahren werden vermieden, wenn man

4. nach dem Vorschlage des Apotheker Siegel in München Kugeln und Kochsalz, calcinirtem Eisenvitriol, Braunstein und Lehm bereitet, mäfsig trocknet, und dann in einem Tiegel in Kohlen glühet, wodurch die gasförmige Säure frei wird, und sich in den zu reinigenden Räumen verbreitet. Noch ist indefs im Allgemeinen zu bemerken, dafs diese Räucherungen auf keine Weise in Zimmern anzuwenden sind, wo Kranke an Lungenübeln leiden, und überhaupt dürfen sie nicht so stark angewandt werden, dafs sie zum Husten reizen.

Als zweckdienliches Mittel, um die widerlichen Gerüche faulender thierischer und vegetabilischer Stoffe zu neutralisiren, lassen sich mehreren Zeugnissen zufolge, z. B. von Bonefos [1], Girard [2] u. a., desgleichen vorzüglich zur Zersetzung des Schwefelwasserstoffgas in Cloaken [3] die *Guytonschen Räucherungen* allerdings mit grofsem Nutzen anwenden. In dieser Absicht, und zugleich zur Minderung der Ansteckung wurden sie mit Erfolg von Desgenettes im Militärhospital zu Paris angewandt [4], von Hedouin im Gefängnisse von Mont-Saint-Michel [5], von Laborde im Hospitale zu Anvers [6], von Brathwaite in den Hospitälern zu London [7], von Lodibert im Hospitale des Fort Rameken auf Walchern [8], von Bard im Militärlazarethe zu Beaune [9] u. a. m. [10] Am auffallendsten aber ist, dafs der spanische Arzt D. Michael Cabanellas mit 50 Individuen in Anti-

1 Ann. de Chim. LVII. 184.
2 Ib. LXXXIII. 281.
3 G XXI. 470.
4 Ann. de Chim. LVII. 187.
5 Ann. de Chim. LXII. 113.
6 Ann. de Chim. LXIX. 64.
7 Phil. Mag. XVIII. 127.
8 Lodibert Essay de Thymiatechnie médicale. Par. 1808. p. 16.
9 Bibl. médic. 1813 Jul.
10 Bibl. médicale XX. 125. XXIV. 413. Vergl. G. XL*III*. 1 ff.

Digitized by Google

gones in Betten schlief, worin Patienten am gelben Fieber gestorben waren, ohne angesteckt zu werden, nachdem Zimmer und Betten blofs durch die Guytonschen Räucherungen gereinigt[1] waren. Ist die Erfahrung begründet, dafs dieses Mittel zugleich das Ungeziefer der Hospitäler vertilgt, wie Chamserü[2] von dem Lazarethe in Posen berichtet, desgleichen, dafs es gegen veralterte Krätze durch Clüzel mit Nutzen in Vliessingen angewandt ist[3], so verdient es schon deswegen vorzugsweise angewandt zu werden. Sehr vortheilhaft will endlich Paroletti die salzs. Räucherungen gegen die Seuche der Seidenwürmer gefunden haben[4], und dafs sie mit grofsem Nutzen gegen die Ansteckungen der Viehseuche gebraucht werden können, ist nach den Zeugnissen von Testa, Poggi, Girard, Dupuy, Frank u. a. nicht zu bezweifeln[5].

Nur selten ist die Wirksamkeit der Räucherungen mit Chlorgas bezweifelt, indefs doch allerdings von einigen, z. B. von Bally[6], welcher keinen merklichen Einfluss derselben auf die Verhütung der Ansteckung des gelben Fiebers wahrgenommen haben will.

Hierher gehört dann ferner die Frage, welche Fabriken wegen ihres Einflusses auf die Gesundheit aus der Nähe der Wohnungen entfernt werden müssen, wobei indefs der unangenehme Eindruck, welchen manche Gegenstände auf die Geruchsnerven hervorbringen, und welcher blofs hierdurch als nachtheilig wirkend angesehen werden kann[7], von einem schädlichen Einflusse auf den Lebensprocefs wohl zu unterscheiden ist. Eine ziemlich allgemeine und genügende Entscheidung dieser Frage enthält der Bericht der Classe der physikalischen und mathematischen Wissenschaften des fran-

1 Ann. de Chim. LVIII. 196. Eine Menge günstiger Urtheile über den Erfolg dieser Räucherungen finden sich zusammengestellt in Ann. de Chim. LXIV. 188.

2 Ann. de Chim. LXIV. 178.

3 G. XLIII. 46.

4 Voigt Mag. VIII. 347. Ann. de Chim. L. 107. G. XXI. 473.

5 G. XVI. 364. Salzb. med. Zeit. 1819. II. 114.

6 Du Typhus d'Amérique ou fièvre jaune. Par. 1814. p. 592.

7 S. *Geruch.*

Digitized by Google

zösischen Nationalinstitutes, welcher der Regierung abgestattet, und als Norm der Polizeiverwaltung angenommen wurde [1]. Sie unterscheiden zuerst diejenigen Operationen, bei denen riechende Gasarten durch Fäulnifs oder Gährung entwickelt werden, und dann diejenigen, bei denen sich Dämpfe oder Gasarten, durch Hitze verflüchtigt, durch den Geruch kenntlich machen. Von der ersteren Classe verwerfen sie als tödtlich für die Fische und dem Leben nachtheilig das Rotten des Flachses und Hanfs, halten aber für unschädlich die Brauereien, die Tournesol-, Orseille-, Indigo-, Stärke-Fabriken, Papiermühlen u. dgl., indem ein Nachtheil höchstens nur in der Nähe der Gefäfse selbst entstehen könnte. Selbst bei Bereitung der Darmsaiten, und dem Aufbewahren des Blutes für Rothfärben der Baumwolle müsse blofs dahin gesehen werden, dafs die faulenden thierischen Stoffe nicht in zu grofser Menge und zu lange in den Werkstätten einer Zersetzung ausgesetzt blieben. Eben dieses findet Anwendung auch auf Fleischscharren und Schlachthäuser. Alle Arten des Düngers und die Bereitung des Staubmistes (poudrette) sind zwar nicht gefährlich, aber so unangenehm, dafs man sie fern von den Wohnungen halten mufs. Diese Substanzen und die starkriechenden Reste der Seidenwürmer-Cocons dünsten im gewöhnlichen Zustande eine Menge kohlensaures Ammoniak aus, werden aber durch Zusatz von Wasser der Gesundheit allerdings nachtheilig. Die nicht erwähnten Gerbereien, Unschlit-Lichter- und Seife-Bereitungen sind, nach ihrem Einflusse auf die Gesundheit der Arbeiter zu schliefsen, gewifs nicht directe nachtheilig, aber wegen des widrigen Geruches von den Wohnungen zu entfernen.

Unter den Gegenständen der zweiten Classe ist die Arsenikbereitung wahrscheinlich deswegen nicht erwähnt, weil sie nirgend in der Nähe von Wohnungen betrieben wird, indem die Dämpfe dieses Metalles als zerstörend und tödtlich auf alles Organische wirkend hinlänglich bekannt sind. Von den Schwefelsäurefabriken könnte man wegen des die Respiration störenden schwefelichsauren Gases einen sehr

1 Ann. de Chim. LIV. 86. - Vergl. G. XXIII. 448.

Digitized by Google

nachtheiligen Einfluſs erwarten; allein weil die gröſsere Verbreitung dieser Säure nur in Folge eines proportionalen Verlustes von Schwefel geschehen kann, so liegt hierin ein hinreichender Grund für die Fabrikeigenthümer, einen solchen zu verhüten, und es zeigt sich daher kein nachtheiliger Einfluſs solcher Fabriken. Eben dieses ist der Fall bei den Bereitungen der Salpetersäure und Salzsäure. Die Bereitung des Essigs für manche Fabricate verbreitet stets einen starken, aber ganz unschädlichen Geruch, ist aber Blei beigemischt, wie bei den Bleizuckerfabriken, so ist derselbe süſslich und nicht unangenehm, aber höchst nachtheilig, trifft aber bloſs die Arbeiter, welche sich dagegen zu schützen suchen müssen. Eben so beschränkt sich die Gefahr, welche mit der Bearbeitung des Quecksilbers, Bleies, Kupfers, Spieſsglanzes, Arseniks, dem Vergolden u. s. w. verbunden ist, bloſs auf den Raum der Werkstätte. Bei der Bereitung des Berlinerblaues und des Ammoniaks werden gleichfalls eine groſse Menge widerlich riechender Gasarten verbreitet, welche indeſs nicht an sich, sondern nur durch ihren Eindruck auf die Geruchsnerven nachtheilig sind. Im Allgemeinen aber versteht sich von selbst, daſs bei allen Arbeiten, wobei Gährung und Fäulniſs vegetabilischer und animalischer Substanzen erforderlich ist, diese nicht auf einen zu hohen Grad steigen und durch Aufhäufen und Liegenbleiben der Stoffe nicht in eigentliche Moderung übergehen muſs, weil sonst die schon nicht ganz unschädlichen Ausdünstungen im eigentlichen Sinne gefährlich werden.

Indem sonach die Atmosphäre ihren eigentlichen Bestandtheilen nach aus 0,79 Stickstoffgas und 0,21 Sauerstoffgas dem Volumen nach zusammengesetzt ist, so muſste nothwendig die Frage zur Untersuchung kommen, ob sie, als hieraus im Wesentlichen bestehend, eine chemische Mischung oder nur eine mechanische Mengung sey. Die Meinungen hierüber sind allezeit sehr verschieden gewesen, indem einige dieser, andere jener Ansicht zugethan waren, noch andere eine völlig scharfe Grenze zwischen den mechanischen Mengungen und chemischen Mischungen überhaupt nicht gestatten wollten, oder, diesem nahe kommend, die atmosphärische Luft für ein zur chemischen Verbindung

Digitized by Google

sich neigendes Gemenge hielten [1]. Alle verschiedenen Gründe genau erwogen kann man mit bei weitem überwiegender Wahrscheinlichkeit nach Berzelius [2] sie für eine Mengung halten. Den vorzüglichsten Grund, weswegen viele dieselbe für eine chemische Mischung oder für ein Stickstoffoxyd auf der niedrigsten Stufe der Oxydation halten wollen, nämlich das constante quantitative Verhältnifs der beiden Bestandtheile, und dafs aus einer mechanischen Mengung der schwerere Bestandtheil, das Sauerstoffgas bei vollkommener Windstille niedersinken müsse, findet Berzelius unzulässig, weil die Gasarten überhaupt ein Bestreben haben, sich zu verbinden, eben wie andere tropfbare Flüssigkeiten. Auch Wasser und Weingeist, in welchem Verhältnisse sie auch gemengt seyn mögen, trennen sich nicht durch ruhiges Stehen [3]. Wenn man Wasserstoffgas in der Atmosphäre entwickelt, so steigt dieses zwar anfangs in die Höhe, vertheilt sich aber sehr bald gleichmäfsig, und eben so sinkt entbundenes kohlensaures Gas zwar anfangs nieder, mischt sich aber bald gleichmäfsig unter die atmosphärische Luft. Wenn man daher eine Flasche mit Wasserstoffgas, die Oeffnung nach unten gekehrt, und eine andere mit Kohlensäure, die Oeffnung nach oben, in einem Zimmer mit unbewegter Luft hinstellt, so müfste nach statischen Gesetzen in beiden die eingeschlossene Gasart bleibend erhalten werden. Die Erfahrung ergiebt aber, dafs in beiden nach kurzer Zeit atmosphärische Luft vorhanden ist [4]. Auch sehr enge Röhren hindern die Vereinigung nicht, wie Dalton [5] und Bertholler durch Versuche gezeigt haben, indem sie zwei Flaschen mit verschiedenen Gasarten gefüllt durch Röhrchen von etwa 0,5 Lin. Durchmesser verbanden, und nach einiger Zeit, selbst den stati-

1 Döbereiner bei Schweig. IV. 384.

2 Chemie I. 254.

3 Gegen dieses Argument läfst sich mit Grunde einwenden, dafs nach der Ansicht mehrerer Naturforscher die Verbindung des Weingeistes mit Wasser eine chemische ist.

4 Dalton bei G. XXI. 389.

5 Phil. Mag. XXIV. 8. Manchester Mem. N. Ser. I. G. XXVII, 388.

Digitized by Google

schen Gesetzen zuwider, in beiden eine gleiche Mischung fanden. Ueberhaupt ist schon unter dem Artikel: *Adhaesion* gezeigt, wie mächtig diejenigen Körper, selbst äufserer Hindernisse ungeachtet, sich mit einander vereinigen, welchen ein Bestreben nach gegenseitiger Verbindung eigen ist, so dafs daher in einer mit Sauerstoffgas gefüllten Thierblase nach 24 Stunden blofs atmosphärische Luft mit einem geringen Ueberschusse von Sauerstoffgas gefunden wird. Indem aber auch Weingeist und Wasser sich durch die stärksten Thierblasen mit einander verbinden [1], so beweisen jene Erscheinungen allerdings die Möglichkeit einer stets gleichmässigen Mischung der atmosphärischen Luft, keineswegs aber, dafs sie eine chemische Verbindung sey.

Einen andern Grund, welchen man zur Unterstützung der Meinung angeführt hat, dafs die atmosphärische Luft ein Stickstoffoxyd sey, nämlich dafs sie genau aus 4 Mafstheilen Stickstoffgas und einem Mafstheile Sauerstoffgas bestehe, mithin halb so viel Sauerstoffgas als das Stickstoffoxydul enthalte, läfst Berzelius seiner Gewichtigkeit ungeachtet, nicht gelten. Wäre nämlich die Folgerung richtig, so gäbe die atmosphärische Luft das erste Beispiel ab, dafs ein mechanisches Gemenge dieselben Eigenschaften hätte, als eine chemische Mischung. Wenn man nämlich 4 Th. Stickstoffgas und 1 Th. Sauerstoffgas mit einander mengt, so kann dieses nichts anders als ein Gemenge, und keine chemische Mischung seyn, weil sich keine Veränderung weder der Temperatur noch des Volumens zeigt, und doch hat dieses alle Eigenschaften der atmosphärischen Luft. Wenn man endlich Stickstoffoxyd (Salpetergas) mit atmosphärischer Luft in Berührung bringt, so entzieht ersteres der letzteren alles Sauerstoffgas, und verwandelt sich in salpetrige Säure. Hier müfste also der Fall eintreten, dafs ein höheres Oxyd ein geringeres, ohne Mitwirkung eines andern Körpers oder einer sonstigen Potenz reducirte, wofür es in der Chemie kein anderes Beispiel giebt. Wenn man sonach also berechtigt ist, die atmosphärische Luft für ein Gemenge anzusehen, so darf man dabei nicht unberücksichtigt lassen, dafs das

1 S. *Adhaesion.*

Digitized by Google

allen Verbindungen zum Grunde liegende Naturgesetz die Anziehung ist, welches sich in den Erscheinungen der Mengungen und chemischen Mischungen in so nahe verwandten Modificationen zeigt; dafs es schwer ist, den Unterschied beider, und die Grenzscheidung zwischen ihnen genau zu bestimmen, durch welche Annahme auch das allerdings gewichtige Argument des constanten quantitativen Verhältnisses der atmosphärischen Luft gegen einander seine sonst bedeutende Beweiskraft für eine chemische Mischung verliert.

Die eigentliche Art, auf welche die constituirenden Bestandtheile der Atmosphäre mit und neben einander bestehen, hatte man früher nicht genauer untersucht, vielmehr nahm man gleichsam als stillschweigend zugestanden an, dafs alle Gasarten aus sehr feinen Elementen einer ponderabelen Basis beständen, deren Expansibilität durch die Wärme bedingt würde, welches auch noch jetzt die allgemein herrschende, durch La Place insbesondere unterstützte Hypothese ist. Sonach mufs man also zugleich annehmen, dafs die Elemente der einzelnen, in der atmosphärischen Luft zu einem Ganzen vereinigten, Bestandtheile im Verhältnifs ihrer Menge neben und zwischen einander liegen, und dieses findet auch dadurch Bestätigung, dafs der Druck, welchen die Atmosphäre im Ganzen auf das Quecksilber im Barometer ausübt, der Summe der Pressungen gleich ist, welche den einzelnen Bestandtheilen zugehört, und um so viel geringer wird, als der Druck eines einzelnen Bestandtheils beträgt, wenn dieser hinweggenommen ist. Dalton stellte indefs über die Verbindung expansibeler Flüssigkeiten überhaupt, und dem gemäfs auch über die der atmosphärischen Luft eine eigene Hypothese auf, welche sinnreich ausgedacht im Wesentlichen folgende unter dem Namen des *Daltonschen Gesetzes* bekannte ist[1].

Dafs die atmosphärische Luft keine chemische Mischung sey, schlofs Dalton sowohl aus sonstigen Gründen, als insbesondere aus dem Verhalten des Dampfes in den Luftarten. Jede Art Dampf mufs nämlich die Siedehitze haben, wenn

1 Manchester Mem. V. 543. Bibl. Brit. XX. 325. Nicholsons J. V. 241. G. XII. 385.

seine Elasticität dem Drucke der Luft gleich kommen soll, und es müfsten daher bei dem starken Drucke der Atmosphäre alle Dampfarten condensirt werden, wenn dieser nicht für sie gleichsam verschwindend wäre, indem zugleich an eine chemische Auflösung desselben in der Luft deswegen nicht zu denken ist, weil jede Verminderung der Temperatur einen Niederschlag bewirkt. Diese Erscheinungen also, dafs verschiedene Gasarten von ungleichem spec. Gew. in Gefäfsen, von welcher Höhe sie auch seyn mögen, und ohne Rücksicht darauf, ob man die leichteren oder schwereren anfänglich oben oder unten hinbringt, sich den aërostatischen Gesetzen zuwider vollständig vermischen und ganz gleichmäfsig unter einander vertheilen, desgleichen dafs die verschiedensten Dämpfe in einer blofs durch die Temperatur bedingten Dichtigkeit überall in den Luftarten sich verbreiten, glaubte Dalton auf keine andere Weise erklären zu können, als durch die Voraussetzung, dafs ihre Theilchen sich gar nicht zurückstofsen, mithin in Beziehung auf einander ganz unelastisch, und daher in ihren gegenseitigen Wirkungen auf einander den Gesetzen nicht elastischer Körper unterworfen sind. Namentlich können hiernach die Dämpfe in der Atmosphäre bei jeder Temperatur als lauter verschiedene Flüssigkeiten, und ganz unabhängig von dem atmosphärischen Drucke bestehen, indem jeder andere Druck, aufser ihr eigener, auf sie nicht den mindesten Einfluss hat, und jeder Dampf in Rücksicht des Druckes sich so verhält, als wäre er die einzige Flüssigkeit, welche die Atmosphäre bildet [1]. Sperrt man Luft über einer Substanz, welche entweder den Wasserdampf oder einen Bestandtheil der Luft, z. B. das Sauerstoffgas absorbirt, als Schwefelsäure und Schwefelkali, so können diese nur denjenigen Antheil aufnehmen, welcher mit ihnen in unmittelbarer Berührung ist. Dennoch aber wird die ganze Menge allmälig verzehrt werden, welches nicht anders erklärlich ist, als wenn man annimmt, dafs der stets verminderte Antheil sich jederzeit wie-

1 Diese Behauptung ist, strenge genommen, nach den oben mitgetheilten Resultaten der Versuche über das Bestehen mehrerer Dampfarten neben einander unrichtig.

Digitized by Google

der gleichmäfsig durch den ganzen Raum verbreitet. Die Atmosphäre ist sonach ein zusammengesetztes aus hauptsächlich 4 verschiedenen Flüssigkeiten, oder aus 4 besondern Atmosphären, aus Stickstoffgas, welches an der Oberfläche der Erde im Mittel einen Druck von 21,2 engl. Z. Quecksilberhöhe ausübt, aus Sauerstoffgas, welchem ein Druck von 7,8 engl. Z., aus Wasserdampf, welchem von etwa 0,1 bis 1 Z., und aus Kohlensäure, welcher etwa 0,5 Z. Quecksilberhöhe zugehören. Später hat Dalton[1] den Druck der einzelnen Atmosphären genauer bestimmt, nämlich der Stickstoffgasatmosphäre = 22,36 engl. Z. der Sauerstoffgasatmosphäre = 6,18, der Wasserdampfatmosphäre = 0,44, der Kohlensäureatmosphäre = 0,02 engl. Z.

Indem diese Theorie bald sehr allgemeinen Widerspruch fand, so hat Dalton sich wiederholt bemühet, sie näher zu erläutern, in der Voraussetzung, dafs sie, richtig verstanden, gewifs Beifall finden müsse. Indefs enthalten die Erläuterungen nichts wesentlich Neues, aufser etwa folgende Zusätze. Man soll sich denken, dafs jede Gasart etwa aus 1 Th. fester Masse auf 1000 und mehreren Theilen leerer Räume oder Poren bestehe, so dafs sich also noch eine Menge anderer Gasarten dazwischen befinden könnten, ohne die erstere in ihrem Verhalten wesentlich zu stören[2]. In der ausführlichen Vertheidigung seiner Theorie gegen die Einwürfe Berthollet's, Thomson's, Murray's und Gough's[3] findet man gleichfalls keine neue triftige Argumente. Leicht wird es ihm darzuthun, dafs der Wasserdampf in der atmosphärischen Luft nicht aufgelöset sey, und dafs man überhaupt die letztere nicht als eine chemische Verbindung ansehen könne. Wenn er aber zugleich zur Erläuterung anführt, man könne die verbundenen Gasarten so bestehend denken, wie etwa Wasser zwischen Sande, oder nach andern wie kugelförmige Körper von verschiedener Gröfse in dem nämlichen Gefäfse, welche neben einander liegend den

1 Manchester Mem. New Ser. I. G. XXVII. 385.

2 Nichols. J. Dec. p. 267. G. XIII. 438.

3 Ein neues System d. chemischen Theils d. Naturwissenschaft. übers. von Wolf. Berl. 1812. 2 Vol. 8. I. 170 ff.

Digitized by Google

Raum des Ganzen nicht vermehren, so ist dieses Beispiel nicht adäquat, indem diese Körper nicht expansibel sind, folglich über den Raum hinaus, welchen jeder einzelne einnimmt, keine Wirkung ausüben. Eben so unpassend ist es, wenn Dalton zur Erläuterung ferner anführt, dafs die Repulsion der Gasarten gegen einander der magnetischen Abstofsung ähnlich, und einer besondern, mit dieser vergleichbaren, Kraft zuzuschreiben sey, von welcher Vorstellung er indefs später zurückgekommen ist, indem er die Repulsion als eine Folge des Wärmestoffes ansieht [1]. Neu, aber noch weit weniger haltbar, als das Frühere, ist allerdings die Vorstellung, dafs die gleich grofsen Bestandtheile einer jeden Gasart so, wie horizontal liegende Schrotkörner geordnet seyn sollen, deren jedes bei mehreren übereinander liegenden Schichten auf vier unteren ruhet, und jedes in einer Richtung berührt, welche mit dem Horizonte einen Winkel von 45° bildet. Wird dann eine andere Gasart von kleineren Bestandtheilen beigemischt, so variirt die Richtung der Berührung zwischen 40° und 90° (?). Hieraus soll eine Bewegung entstehen; die Theilchen der einen Art können sich nicht an die der andern anschliefsen, und sie werden daher durch die fortdauernde Bewegung so lange fortgetrieben, bis sie durch ihr eigenes Gewicht zurückgehalten werden, oder eine eigene Atmosphäre bilden. Diese neue Darstellung soll mit den früheren in folgenden zwei, für die Mischung der Gasarten wesentlichen Puncten übereinstimmen, dafs 1. die Vertheilung der Gasarten durch einander vermittelst der, den homogenen Theilchen angehörenden Repulsion oder des expandirenden Princips geschieht, und 2. dafs die Spannung jeder einzelnen der gemischten Gasarten gegen die Wände des einschliefsenden Gefäfses genau so grofs ist, als wenn dasselbe allein in demselben vorhanden wäre [2].

Nur wenige Physiker sind Dalton's Hypothese beigetreten, z. B. Henry [3], welcher indefs blofs die von dem Be-

1 System. I. 211.

2 Ebend. 213.

3 Nicholson's J. VIII. 145. IX. 126. G. XXI. 293 u. 432.

Digitized by Google

gründer derselben schon aufgestellten Beweise wiederholt, ohne neue und trifftige Argumente beizubringen. Der bedeutendste, gründlichste und eifrigste Vertheidiger derselben ist aber Benzenberg. Nach diesem [1] beträgt der Druck

der Stickstoffgasatmosphäre	21,2336	par. Z.
der Sauerstoffgasatmosphäre	6,4986	—
der Kohlensäureatmosphäre	0,0278	—
der Wasserdampfatmosphäre	0,4200	—
zusammen	28,1800	par. Z.

Beständen diese Atmosphären wirklich für sich nach Dalton, so müfste jede den Schall besonders leiten [2], und wenn man annimmt, die Newtonsche Theorie hierüber sey richtig, und die specifischen Federkräfte verhielten sich umgekehrt wie die spec. Gewichte der expansibelen Flüssigkeiten, so wären für die Formel, wonach die Geschwindigkeit des Schalles in der Luft in par. F. berechnet wird [3], nämlich $c = \sqrt{(2\,p\,B\,g)}$ folgende Werthe zu setzen.

Für Wasserdampf	p	=	14993	; c	=	1027,6
— Stickstoffgas	p	=	10830	; c	=	873,4
— Sauerstoffgas	p	=	9414	; c	=	814,5
— Kohlensäure	p	=	6997	; c	=	701,3
— trockne Luft	p	=	10495	; c	=	859,7
— feuchte Luft	p	=	10542	; c	=	861,7

Der Antheil Kohlensäure in der Atmosphäre ist ohne Zweifel zu geringe, um den Schall für sich fortzupflanzen. Geschähe dieses aber in den übrigen Bestandtheilen, so müfste die Geschwindigkeit des zuerst wahrgenommenen Schalles diejenige seyn, welche dem Wasserdampfe zugehört, und die Dauer bis zu dem zuletzt gehörten so grofs, als die Fortpflanzung durch die Sauerstoffgasatmosphäre längere Zeit als die durch die Wasserdampfatmosphäre erfordert. Erstere Gröfse stimmt sehr genau mit der Erfahrung überein, letztere nicht. Auf eine Entfernung von 14241 p. F. war nämlich nach der Theorie

1 G. XLII. 155.

2 Vergl. Dalton N. Syst. I. 207.

3 S. *Schall; Fortpflanzung desselben.*

Digitized by Google

Fortpflanzung durch Wasserdampf	=	13,9 Sec.
— — — Sauerstoffgas	=	17,5 —
Unterschied nach Theorie	=	3,6 —
— — Erfahrung	=	2,0 —
Differenz	=	1,6 Sec.

Diese Abweichung ist so bedeutend, dafs die Erfahrung bestimmt gegen Dalton entscheiden würde, um so mehr als nach dessen Theorie die Blasinstrumente auch doppelte Töne geben müfsten, wenn man erstlich die Newtonsche Hypothese überhaupt für absolut begründet halten könnte, und nicht zweitens die ausnehmend geringe Intensität des Schalles in Wasserstoffgas und daher auch sicher in dem noch dünneren Wasserdampfe nach Leslie's Versuchen[1] es mehr als wahrscheinlich machte, dafs dieser den Schall in gehöriger Stärke auf die angegebene Entfernung fortzupflanzen durchaus unfähig sey.

Weit wichtiger ist die Prüfung der *Dalton'schen Theorie* vermittelst der Barometerstände in verschiedenen Höhen. Wenn man annimmt, dafs nach derselben jede abgesonderte Atmosphäre für sich auf das Barometer drückt, letzteres aber jederzeit die Summe der Pressungen aller dieser Atmosphären zeigt, so mufs die Länge der Quecksilbersäule mit der Höhe in demjenigen Verhältnisse abnehmen, als die mit der Höhe gleichfalls in ihrem Drucke abnehmenden einzelnen Atmosphären weniger auf dieselbe drücken. Benzenberg[2] berechnet hiernach folgende Tabelle

Höhe in p. F.	Barometerhöhe Dalton	Barometerhöhe Gemeine	Unterschied	Unterschied der Berghöhen.
0	28,1800	28,1800	0,0000	0,0
2000	25,9717	25,9795	0,0078	7,3
4000	23,9381	23,9509	0,0128	13,0
6000	22,0642	22,0806	0,0164	18,4
8000	20,3376	20,3564	0,0188	22,6
10000	18,7470	18,7667	0,0197	25,8
12000	17,2812	17,3014	0,0202	28,7
14000	15,9309	15,9504	0,0195	29,9
16000	14,6862	14,7049	0,0187	31,2
18000	13,5394	13,5566	0,0172	31,1
20000	12,4829	12,4980	0,0151	29,6

1 Annals of Phil. 1822. Sept. p. 172.
2 a. a. O. p. 168.

Digitized by Google

Benzenberg macht diesemnach eine Anwendung der Daltonschen Theorie auf die durch barometrische Messungen vermittelst der Biotschen Tafeln gemessenen Höhen des Monte Gregorio, und nimmt hierzu deswegen diese Tafeln, weil bei der Berechnung derselben die Abwiegungen der Luft gegen Quecksilber zum Grunde liegen [1]. Hieraus geht dann allerdings das Resultat hervor, dafs mit Anwendung der genannten Theorie die Höhen genauer, als ohne diese gefunden werden, und hierin läge denn ein bedeutender Beweis für ihre Richtigkeit, wie Benzenberg auch noch weiter darzuthun sucht. Wenn man indefs die mannigfaltigen Bedingungen berücksichtigt, welche bei Barometermessungen in Betrachtung kommen, namentlich wenn man die Formel auf die ohnehin so schwierigen Abwägungen der Luft bauet, so kann das hieraus entnommene Argument nicht füglich neben andern triftigen Gegengründen gegen die Daltonsche Theorie als entscheidend angesehen werden.

Benzenberg läfst den Einflufs der *Daltonschen Theorie* auf die Resultate eudiometrischer Prüfungen der Luft aus verschiedenen Höhen gleichfalls nicht unberücksichtigt. Uebergehen wir den von ihm gleichfalls in Anregung gebrachten Unterschied des spec. Gew. der Luft aus verschiedenen Höhen als in der Regel zu geringe, zu wenig bestimmbar und daher auch zu wenig entscheidend, so wird das Mischungsverhältnifs derselben dagegen in folgender Tabelle dargestellt.

Höhe über d. Meere p. F.	Volumen. Stickstoffgas	Sauerstoffgas	Kohlensäure.
0	76,49	23,41	0,10
2000	76,71	23,20	0,09
4000	76,92	22,99	0,09
6000	77,13	22,78	0,09
8000	77,35	22,57	0,08
10000	77,56	22,36	0,08
12000	77,76	22,16	0,08
14000	77,97	21,95	0,08
16000	78,18	21,75	0,07
18000	78,38	21,55	0,07
20000	78,58	21,35	0,07

[1] S. *Höhenmessungen, barometrische.*

Digitized by Google

Es ergiebt sich hieraus, dafs die von Gay-Lüssac mitgebrachte Luft allerdings 2 PC. Sauerstoffgas weniger hätte haben müssen, und da dieses nicht der Fall war, die Eudiometrie aber Resultate giebt, welche bis auf 0,001 genau sind, so liegt hierin der wiederholt aufgestellte entscheidende Gegenbeweis gegen die Richtigkeit der Daltonschen Theorie. Benzenberg sucht diesen indefs durch das Argument zu entkräften, dafs er voraussetzt, bei allen eudiometrischen Versuchen über Wasser erhalte man allezeit die vom Wasser absorbirte Luft; allein Gilbert [1] bemerkt dagegen mit Recht, dafs diese Behauptung im Allgemeinen gegen die Erfahrung streite, und in dem vorliegenden speciellen Falle kommt obendrein noch der Umstand in Betrachtung, dafs das Wasser das Sauerstoffgas stärker festhält, als das Stickstoffgas, mithin hätte die aus dem Sperrwasser erhaltene Luft vielmehr reicher an Sauerstoffgas seyn müssen.

Weit gröfser dagegen ist die Zahl derjenigen Physiker, welche sich *gegen* die *Daltonsche Theorie* erklärt haben, unter denen Berthollet [2], Thomson [3], Gough [4], welcher die Luft für eine chemische Mischung erklärt, und viele Streitschriften mit seinem Schüler Dalton deswegen gewechselt hat, und Murray [5] gleich anfangs am meisten Aufsehen erregten. Der gewichtigste Gegner, dessen Einwürfe Dalton aber aus Mangel an Bekanntschaft mit deutscher Literatur schwerlich gekannt und in seinen Widerlegungen nicht berücksichtigt hat, ist Tralles [6]. Dieser zeigt, dafs die Hypothese von einem Bestehen mehrerer expansibeler Flüssigkeiten in und neben einander ohne gegenseitige Repulsion mit dem Wesen derselben im Allgemeinen nicht wohl vereinbar ist. Insbesondere aber erweiset er durch Rechnung, dafs aus einer solchen Voraussetzung allerdings ein Unterschied der Barometerstände in sehr grofsen Höhen gegen die-

1 Ann. XLII. 185.

2 Statique chim. I. 274. 487. Ann. de Chim. XLIII. 44.

3 Système de Chim. III. 40 ff.

4 Phil. Mag. XXIV. 103. Nicholson's J. VIII. 243. IX. 52. X. 20. G. XXI. 401. ff.

5 System of Chemistry. 4 Vol. 1806 — 7.

6 G. XXVII. 400. ff.

Digitized by Google

jenigen folgen würde, welche bei einer gleichmäfsigen Mischung der atmosphärischen Luft ebendaselbst statt finden würden, dafs aber dieser Unterschied für 6600^{m}, als der gröfsten durch Gay-Lüssac erreichten Höhe noch nicht mehr als 0,013 Z. betrage, und daher keine Hoffnung vorhanden sey, aus Barometerbeobachtungen in geringeren Höhen diese Frage durch die Erfahrung zu entscheiden. Dagegen müfste nach seiner Berechnung in der angegebenen Höhe die Luft um zwei im Hundert an Sauerstoffgas ärmer seyn, als an der Oberfläche der Erde, und da die von Gay-Lüssac angestellten eudiometrischen Prüfungen ein ganz gleiches Mischungsverhältnifs geben und bis auf 0,001 für genau gelten können, so liege hierin ein genügender Grund, die Daltonsche Theorie mit der Erfahrung nicht übereinstimmend zu finden.

Verschiedene Einwendungen gegen *Dalton's Theorie* hat der Begründer derselben allerdings wohl so weit beseitigt, dafs er sich nicht für gezwungen hielt, sie aufzugeben. Das Gewicht desjenigen Gegenbeweises, welchen man aus eudiometrischen Versuchen hernahm[1], stellt er allerdings nicht in Abrede, bekennt zugleich auch aufrichtig, dafs er in der Luft aus einer Höhe von 3300 engl. Fufs keinen Unterschied wahrgenommen habe[2]. Ob indefs die Eudiometer so zuverlässig sichere Resultate geben, dafs bei so geringen Unterschieden, als mittleren Höhen zukommen, und bei der geringen Anzahl von Versuchen mit Luft aus sehr grofsen Höhen hieraus ein unumstöfslicher Beweis hergenommen werden könne, bleibt immer fraglich. Für das gewichtigste Argument gegen seine Theorie hält Dalton[3] selbst dasjenige, welches Berthollet und Thomson ihm entgegengestellt haben. Wäre sie nämlich in ganzer Strenge richtig, übten die in einem Raume vorhandenen Gasarten gegen eine andere beigemischte wirklich gar keine Repulsion aus, und wären sie für diese gleichsam nicht vorhanden, warum breiten sich Dämpfe und Gasarton so langsam in lufterfüllten Räumen

1 Berthollet Ann. de Chim. XXXIV. 85.
2 G. XXVII. 386.
3 System I. 195.

Digitized by Google

aus, und nicht mit gleicher Schnelligkeit als in luftleeren? Wie ist es möglich, dafs namentlich die Kohlensäure in Cisternen, Kellern u. s. w. bei mangelndem Luftzuge so lange verweilt?

Aufser dieser, mit Dalton's Theorie durchaus unvereinbaren Thatsache ist dieselbe aber an sich weder zulässig noch viel weniger nothwendig. Dafs der Wasserdampf in der Atmosphäre nicht aufgelöset sey, mufste man bald finden, und die Thatsache, dafs in luftleeren Raume keine gröfsere Quantität desselben vorhanden sey als im lufterfüllten, fiel sowohl andern Physikern, als insbesondere auch Dalton auf, vermochte aber den letzteren zwar scharfsinnigen, aber in seinen Schlüssen leicht voreiligen Physiker zur Gründung einer in sich selbst unhaltbaren Theorie. Dieser bedürfen wir übrigens nicht, um das Verhalten der Gasarten gegen einander zu begreifen. Legt man nämlich diejenige (allerdings nur hypothetische, aber mit allen Naturgesetzen im Einklange stehende) Vorstellung zum Grunde, welche zuerst J. T. Mayer[1] äufserte, demnächst Dalton[2] vorzüglich hervorhob, neuerdings La Place[3] sinnreich mit den allgemeinen Naturgesetzen verflocht, so folgen die sonst auffallenden Erscheinungen hieraus von selbst. Nach der Darstellung des letzteren bestehen alle Gasarten aus Molecülen, welche der Anziehung der umgebenden Molecülen, der Anziehung des Wärmestoffes dieser Molecülen, und der Abstofsung ihres eigenen Wärmestoffes gegen den der umgebenden Molecülen unterworfen sind. Sind also Gasarten oder Dämpfe sich selbst im freien Raume überlassen, so werden ihre Molecülen durch die Repulsion ihrer eigenen Wärmestoffatmosphären sich so weit entfernen, oder aber die Gasarten werden sich schnell frei und ungehindert so weit ausdehnen, bis ihre specifische Elasticität als Wirkung der Wärme mit der Attraction der Molecülen unter sich oder gegen einen sonstigen anziehenden Körper, z. B. die Erde, ins Gleichgewicht kommt. Werden aber Gasarten zusammen-

1 Gren J. VII. 216. 377. Vergl. *Abstofsung*.

2 System. I. 142.

3 Ann. de Chim. XXI. 22. Vergl. XVIII. 273. Méc. cél. V. 87. 92.

gemischt, so werden sie sich auch ohne chemische Affinität und hieraus nothwendig folgender Dichtigkeitsänderung verbinden, indem ihre beiderseitigen Molecülen wechselseitige Attraction ausüben. Ob hierbei die beiderseitigen Wärmeatmosphären die Bewegung hindern, ist zwar nicht auszumitteln, auf allen Fall aber sehr unwahrscheinlich. Dessen ungeachtet aber mufs die Mischung nicht, wie im freien Raume, höchst schnell, sondern langsam vor sich gehen, weil jedes einzelne Molecül aus der Attractionssphäre des einen in die des andern übergeht, so dafs durch Mitwirkung des specifischen Gewichtes eine schwerere Gasart sich in tieferen und beschränkten Räumen längere Zeit unvermischt erhalten kann. Wegen der gegenseitigen Repulsionen der den verschiedenen Molecülen zugehörigen Wärmeatmosphären werden diese sich übrigens ins Gleichgewicht setzen, und dieses kann bei zugleich statt findender Anziehung der Molecülen nicht eher statt finden, als bis sie überall gleichmäfsig gemischt sind, wobei ihre gemeinschaftliche Elasticität der Summe der Elasticitäten der einzelnen gleich seyn mufs, indem, wenn man sich so ausdrücken will, die wechselseitigen Wärmeatmosphären mit gleicher Stärke der Spannungen einander begrenzen oder berühren. Hierin liegen alle Erscheinungen, welche bei den Mischungen der Gasarten und Dämpfe in der Atmosphäre sich dem Beobachter darbieten.

Sobald man die Ebbe und Fluth des Meeres als Folgen der Anziehung von Mond und Sonne erkannte, schlofs man, dafs diese Himmelskörper eine ähnliche Wirkung auf das Luftmeer hervorbringen müfsten, und sah diese als jenen ähnliche Erhebungen und Senkungen an. Dieser Meinung waren nach Newton insbesondere Sigorgne[1], Frisius[2], welcher die Schwankung des Barometers durch die Sonne auf $\frac{1}{138}$ L. durch den Mond auf $\frac{1}{45}$ L. berechnet, Sigaud de la Fond[3] u. a. Viele sahen indefs in dem Einflusse des Mondes auf die Atmosphäre eine vorzügliche Ursache der Winde und der Witterung überhaupt, z. B. Bernoulli, d'Alem-

1 Praelectiones astronomiae Newtonianae. Tub. 1769. 8.
2 De Gravitate universali. II. 252.
3 Elements. III. 570.

BERT[1], dessen Rechnungen ohngefähr gleiche Gröfsen als die des Frisi geben, MEAD[2], TOALDO u. a. vorzüglich die älteren Physiker in ihren Untersuchungen über die Winde, als BACO, GASSENDI, DES CHALES, DAMPIER, HALLEY u. a. MANN[3] sucht zu beweisen, dafs durch den Einfluss der Sonne und des Mondes auf das Luftmeer täglich 3 Fluthungen, zwei durch Anziehung und eine durch die Sonnenwärme entstehen müssen, und führt verschiedene Erscheinungen der Winde, selbst der heifsen, hierauf zurück. Periodische Schwankungen der Atmosphäre, durch den Einfluss der Sonne und des Mondes erzeugt, folgerten CHIMINELLO[4], LAMARK[5], TOALDO[6] COTTE[7] und mehrere andere aus den Barometerveränderungen. Wenn man indefs von demjenigen Einflusse abstrahirt, welcher dem Monde auf die Witterung und zugleich auch auf das Barometer von vielen beigemessen ist, ohne dafs die Erfahrung dieses bestätigt[8], so geben theoretische Untersuchungen und die Erfahrung hinsichtlich der durch die Sonne und den Mond veranlafsten Schwankungen der Atmosphäre in der Hauptsache folgende Resultate[9].

Eine gelehrte geometrische Untersuchung über die atmosphärischen Fluthen stellte d'ALEMBERT[10] an. Als man sich nachher immer mehr von den täglichen periodischen Schwankungen des Barometers überzeugte, schrieben einige Gelehrte, z. B. CASSAN[11] u. a. diese der Anziehung der Sonne und des Mondes zu, obgleich die Tageszeiten dieser Oscillationen es unmöglich machen, sie von der Anziehung des letzteren Weltkörpers gegen die Atmosphäre abzuleiten. Am gründlichsten wurde die Frage durch LA PLACE untersucht,

1 Réflexions sur la cause générale des Vents. Par. 1747.

2 De imperio solis et lunae in corp. hum. nullo etc. Amst. 1710. 8.

3 J. de Ph. XXVII. 7.

4 Nouv. Mém. de Berlin 1778. Hist. p. 45.

5 J. de Ph. III. 428. XLVI. 428.

6 Novae Tabulae barometri aestusque maris. Patav. 1773. 4.

7 Traité de météorologie Par. 1774. p. 186. Mémoires sur la Météorologie Par. 1788. I. 100. ff.

8 S. *Barometer; Veränderungen desselben.*

9 Vergl. *Ebbe und Fluth.*

10 Réflexions sur la causa générale des Vents. Berl. 1774. 4.

11 Gren J. III. 109.

Digitized by Google

welcher indefs anfangs[1] das Resultat erhielt, dafs Sonne und Mond zwar eine Anziehung gegen die Atmosphäre ausüben müfsten, dafs diese aber viel zu klein sey, um am Barometer wahrgenommen zu werden, indem die Wirkung auf dasselbe unter dem Aequator nicht mehr als 0,25 Lin. betragen könne, und daher in den übrigen Veränderungen verschwinde. Spätere genauere Berechnungen des nämlichen Geometers[2] geben sehr nahe ein gleiches Resultat, indem er für den gemeinschaftlichen Einfluss beider Himmelskörper auf die Atmosphäre unter dem Aequator die gröfste Differenz des Barometerstandes = 0,2795 p. Lin. fand. Erst neuerdings ist es gelungen, aus sechsjährigen Beobachtungen zu Paris diese Behauptung durch die Erfahrung zu bestätigen. Hiernach beträgt nämlich der Einfluss der Sonne auf das Barometer daselbst eine Morgens um 9 Uhr eintretende Erhöhung von $0^{mm},801$ über das Minimum des Barometerstandes um 3 Uhr Nachmittags, und der Einfluss des Mondes in den Syzygien $0^{mm},0556$ Nachmittags $3^{h}\,11'\,49''$[3].

Die Atmosphäre ist, von der Erde aus betrachtet, am Tage blau, welche Farbe, als dem Himmel eigenthümlich zukommend, himmelblau genannt wird, bei Nacht erscheint sie schwarz, über Gletschern und Eisbergen[4], wenn diese durch die Strahlen der untergehenden Sonne geröthet werden, desgleichen zwischen den dunkelrothen Wolken der Abendröthe grün[5]. In höheren Breiten, desgleichen bei gänzlicher Abwesenheit von Wolken ist das Blau des Himmels heller und trüber, in niederen Breiten, namentlich in Italien, auf hohen Bergen, und zwischen sehr weifsen abgeschnittenen Wolken dagegen geht die Farbe zum tiefsten Blau über, auch ist der Dünste wegen der Himmel im Zenith dunkler, gegen den Horizont hin zunehmend heller gefärbt[6],

---

1 Mém. de l'Ac. 1775. p. 76.

2 Méc. cél. II. L. IV. ch. IV. n. 44.

3 Méc. cél. V. 337. ff. Con. des Tems 1826. Ann. de Chim. et de Ph. XXIV. 284. Vergl. *Barometer.*

4 J. Ross. Reise nach dem Nordpol. d. Ueb. Leipz. 1820. p. 79.

5 Priestley Geschichte der Optik. p. 534. Münchener allgem. Zeit. 1818. N. 55. Pleischl bei Schweig. XXXIII. 277. Vergl. *Abendröthe.*

6 S. *Kyanometer.*

Digitized by Google

auf sehr hohen Bergen in niederen Breiten endlich geht die Farbe fast in völliges Schwarz über. Die Wolken reflectiren in der Regel weifses Licht, erscheinen aber, je nachdem sie dicker werden und mehr Licht verschlucken, vom hellsten bis zum tiefsten Grauspielen, aber unter bedingenden Umständen wegen individueller Lichtbrechung in allen verschiedenen Farbenmischungen. Von allem diesem kann hier indefs nicht die Rede seyn, indem blofs die Bläue der Atmosphäre zu untersuchen ist.

Der Erklärungen über die Ursache dieser Färbungen giebt es im Wesentlichen vier; welche zum Theil von den frühesten Zeiten bis jetzt wiederholt neue Anhänger erhalten haben.

1. Die älteste ist diejenige, welche Leonardo da Vinci[1] zuerst andeutete, Fromondus aber weiter ausbildete und fest zu begründen suchte. Hiernach soll die blaue Farbe des Himmels aus dem durch die Luft reflectirten weifsen Lichte und dem Schwarz des leeren Raumes über der Atmosphäre bestehen, und so viel dunkeler werden, je weniger von reflectirtem weissen Lichte beigemischt ist. Später ist Lahire dieser Theorie beigetreten, so wie Wolf und Muschenbroek, und nachdem sie fast vergessen war, hat sie v. Goethe wieder hervorgehoben, und wie Fromondus zur Grundlage seiner Farbentheorie gemacht. Mit ihr sehr nahe zusammenfallend, wo nicht identisch, ist die durch Otto v. Guericke aufgestellte Hypothese, die Bläue des Himmels sey eine Mischung aus Licht und Schatten, oder aus Weifs und Schwarz, welches er durch die Behauptung unterstützte, dafs schwarze und weifse Pulver von ihm in verschiedenen Quantitäten zusammengemischt die verschiedenen Abstufungen von Blau gegeben hätten. Die Wiederlegung dieser Hypothese ist allezeit nicht schwer befunden, indem, wie Priestley[2] sich richtig ausdrückt, Otto v. Guericke hätte finden müssen, wenn er die Pulver wirklich mischte, dafs Weifs und Schwarz nicht Blau, sondern Grau geben.

---

1 Traité de la Peinture cet. Par. 1651. chap. 328.

2 Geschichte der Optik. p. 328.

Digitized by Google

2. Die zweite Hypothese ist von Newton [1] und hat, einige Modificationen mitgerechnet, die meisten Anhänger erhalten. Hiernach sollen die feinen Theilchen der Luft die Kraft haben, blofs die brechbarsten Strahlen, die blauen zu reflectiren, nicht aber die übrigen farbigen [2]. Unter die Anhänger dieser Theorie gehört vorzüglich Melville [3] und Bouguer [4] wovon ersterer zugleich die Dünste in der Atmosphäre zu Hülfe nimmt, letzterer aber die Brechung der blauen Strahlen durch die Theilchen der Luft selbst geschehen läfst. Am meisten ist diese Erklärung durch Nollet [5] bekannt geworden, welcher gleichfalls behauptet, dafs die Lufttheilchen die übrigen gefärbten Lichtstrahlen das von der Sonne gegen die Erde, und von dieser wieder gegen die Atmosphäre geworfenen Lichtes durchlassen, die blauen aber reflectiren, und nachher noch mehr durch v. Saussüre und dessen zahlreiche Beobachtungen mit dem Kyanometer [6]. Auch Thomson [7] ist Melville's Ansicht zugethan, indem er die Luft selbst für farblos hält, die blaue Farbe aber durch die Dünste in der Atmosphäre vermittelst der Reflection entstehen läfst. Man kann als Anhänger dieser Hypothese auch diejenigen Physiker zählen, welche die blaue Farbe von der Brechung ableiten, wie Scheffer [8], welcher als Argument noch hinzusetzt, dafs die brechbarsten blauen und violetten Strahlen fast die Hälfte des Spectrums einnehmen.

3. Euler [9] ist der Urheber einer dritten Hypothese, welche von den meisten Physikern nach ihm angenommen wurde, und neben der vorigen noch gegenwärtig die meisten Anhänger hat. Hiernach soll die Luft selbst schwach blau

1 Opt. L. II. p. 2. prop. 5.
2 Hutton Dict. II. 403.
3 Edinb. Essays. II. 75.
4 Traité d'Optique p. 368.
5 Leçons de Ph. VI. 17.
6 J. d. Ph. XXXVIII. 199.
7 Système de Chim. III. 202.
8 J. d. Ph. XXVI. 175.
9 Briefe über verschiedene Gegenstände aus der Naturlehre übers. von Kries. Leipz. 1792. I. 177. Faber Nov. Act. Pet. II. 263. ist der nämlichen Meinung.

Digitized by Google

tingirt seyn, und obgleich für kleinere Räume völlig farblos, doch für gröfsere blau erscheinen, genau wie schwach gefärbte Glasscheiben auf ihrer Fläche betrachtet weifs, von der schmalen Kante gesehen dagegen gefärbt erscheinen. Genau genommen fällt diese Erklärung mit der vorigen zusammen, denn mit wenigen und leicht zu erklärenden Ausnahmen reflectiren gefärbte Körper das nämliche Licht, welches sie durchlassen, und es müfste daher sowohl das durchgehende, als auch das reflectirte Licht blau seyn, wenn die Luft wirklich diese Farbe besäfse. Als Anhänger dieser Hypothese können unter andern Berzelius[1], Scholz[2] u. a. genannt werden.

Auch gegen diese Hypothesen giebt es bedeutende Gegengründe. Vorerst kann die blaue Farbe des Himmels auf keine Weise von den Dünsten der Atmosphäre hergeleitet werden, indem diese im vollkommen expandirten Zustande sich gegen das Licht genau so als wie die Luft verhalten, sind sie aber niedergeschlagen, so machen sie die Atmosphäre milchig und trübe, bilden Wolken von verschiedener Dicke und heben hierdurch die Bläue auf. Sollte aber die Atmosphäre die blauen Strahlen reflectiren, so müfste sie selbst gefärbt seyn, am natürlichsten blau, auf allen Fall durch eine Farbe, weil es zwar wenige, aber doch einige, Körper giebt, welche ein anderes Licht zurückstrahlen als sie durchlassen, aber keinen, welcher, selbst völlig farblos, farbige Strahlen zurückwürfe. Aufserdem streitet diese Behauptung gegen sich selbst, indem sie voraussetzt, dafs die Lichtstrahlen, wie es bei der atmosphärischen Luft nothwendig ist, tief in den modificirenden Körper eindringen, hierdurch zur Farbenbildung modificirt werden, und nach der Reflection gefärbt, aber nach dem Durchgange unmodificirt und farblos erscheinen. Die Atmosphäre aber mit Euler für gefärbt zu halten, ist deswegen nicht möglich, weil sie sonst den durchgehenden Lichtstrahlen gleichfalls einen blauen Schein, und zwar einen tief blauen mittheilen müfste, nach der Tiefe ihrer eigenen Färbung zu urtheilen. Namentlich müfsten die

1 Lehrbuch der Chem. I. 257.

2 Physik p. 408.

Digitized by Google

Sonne, der Mond, die Planeten und Fixsterne diese Färbung zeigen, und da das Licht von einem Gegenstande in 24594 F. horizontaler Entfernung, also etwas mehr als eine geographische Meile, eine Luftmasse von gleicher Dichtigkeit, als die der ganzen Atmosphäre ist, durchläuft, so müfste auch bei den Farben der Objecte in dieser Weite die blaue Farbe der Atmosphäre zum Vorschein kommen, von welchem allem aber durchaus keine Spur vorhanden ist.

4. Nach einer vierten Hypothese ist die blaue Farbe der Atmosphäre blofs subjectiv, wie die Farbe des Meeres und der gefärbten Schatten[1]. Mehrere Physiker sind dieser Meinung nahe gekommen, indem sie die Bläue des Himmels mit den gefärbten, namentlich den blauen Schatten in Verbindung setzten, wie Mazeas, Bouguer, Büffon, Beguelin u. a.[2], und wirklich fällt die Erscheinung mit der Färbung der blauen Schatten so nahe zusammen, dafs hierauf insbesondere der Beweis für die Richtigkeit dieser Erklärung beruhet. Unter den vielen Arten der Entstehung blauer Schatten dient zur Erläuterung der Himmelsbläue insbesondere folgende. Wenn im Winter bei niedrig stehender Sonne der Schatten der Bäume auf den Schnee fällt, so nimmt er die ganz eigenthümliche und sehr leicht kenntliche himmelblaue Farbe an. Das wenige, vom beschatteten Schnee reflectirte Licht erzeugt im Gegensatze des stärkeren, vom beleuchteten Schnee reflectirten diese Farbe vom hellsten bis zum tiefsten Himmelblau. Auf gleiche Weise erhält das Auge von der höchst durchsichtigen, wegen des schwarzen Hintergrundes ungefärbten Luft so viel weniger Licht, je geringer die Menge der Dünste und der heterogenen Bestandtheile in derselben ist, und um so dunkeler mufs daher die, dem Schatten, wie der Atmosphäre und dem klaren Meere zugehörige[3] eigenthümliche himmelblaue Farbe seyn.

---

1 Munke Physik, I. 210. Schweig. XXX. 83. Der an dieser letzteren Stelle als beweisend angeführte Versuch mit einem langen, inwendig schwarzen Rohre ist durch Brandes S. *Abendröthe*, gründlich widerlegt.

2 Priestley Gesch. d. Opt. 327.

3 Scoresby Account of the Arctic Regions. Edinb. 1820. II. Vol. 8. I. 171.

Digitized by Google

Am reinsten, schönsten und für Ort und Höhe ungewöhnlich tief erscheint sie daher zwischen den einzelnen weissen Wolken, und wird grün, wenn diese dunkelroth gefärbt sind, oder über röthlich strahlenden Eismassen und Gletschern.

Brandes[1] erklärt das bisher fast gar nicht genau untersuchte Phänomen der Abendröthe mit einer seltenen inneren Consequenz, und auf die dem Anschein nach einzig mögliche Weise, es sey denn, dafs man dasselbe auf Beugung des Lichtes zurückführen könnte. Mit jener Erklärung im Einklange steht die der Bläue des Himmels, welche unter der angegebenen der Newtonschen am nächsten kommt. Es wird indefs nicht zweckwidrig seyn, auch jener Erklärung eines eben so wichtigen als schwierig zu begreifenden Phänomen's einige Gegengründe entgegenzustellen, um so mehr, als die nämliche Frage noch einmal zur Untersuchung kommen mufs, nämlich bei der Färbung des Meeres, indem beide Erscheinungen höchst wahrscheinlich auf dem nämlichen Grunde beruhen. Gegen die von Brandes gegebene Erklärung läfst sich nämlich einwenden:

1. Durch die Ausscheidung der rothen Strahlen aus dem weifsen Lichte entsteht schwerlich blau, zum mindesten müfsten auch die gelben alle oder gröfstentheils durch die Atmosphäre dringen, wenn nicht grün entstehen sollte. Indefs kann dieses leicht zugegeben werden, da ohnehin bei der Abendröthe viel Gelb beobachtet wird. Allein
2. Eben weil die stärker brechbaren Strahlen mehr von den Körpern angezogen werden, dringen diese leichter in und durch die Körper, als die minder brechbaren. So dringen die blauen, grünen und gelben Strahlen durch dünne Goldblättchen, und geben blafsgrün, die rothen aber, mit viel weifsem Lichte, werden reflectirt, und geben Gelb.
3. Es giebt, der Erfahrung nach, keinen Körper, welcher farbiges Licht reflectirte, ohne selbst gefärbt zu seyn (die Atmosphäre, das Meer und die gefärbten Schatten machen die einzige scheinbare (?) Ausnahme). Dafs aber die Luft nicht gefärbt sey, ist oben gezeigt.

---

1 S. *Abendröthe.*

Digitized by Google

4. Wenn die Luft die rothen Strahlen mehr durchliefse, die blauen mehr reflectirte, so müfste man dieses beim Durchgange des Lichtes wahrnehmen. Bei stärkerem Lichte der Sonne und des Mondes würde dieses zwar nicht bemerklich seyn, wohl aber beim matteren Lichte der Planeten, vielleicht auch der Fixsterne. Allein Jupiter, Venus und Sirius erscheinen im weifsen, sanften, eher etwas bläulichem Lichte. Hiergegen läfst sich jedoch einwenden, dafs es ein Unterschied sey, ob das Licht zuerst in die dünneren Schichten der Atmosphäre dringe, oder von den dichteren in gröfserer Nähe der Erde reflectirt werde.

5. Wenn die Atmosphäre wirklich blaues Licht, noch dazu von der Tiefe, wie dieses oft der Fall ist, reflectirte, so müfste eine solche Färbung bei Gegenständen zum Vorschein kommen, welche blofs durch das, von der Atmosphäre reflectirte Licht beleuchtet werden, z. B. in Zimmern nach Norden in ebenen Gegenden. Hiervon zeigt sich aber nirgend eine Spur. Ist aber die Luft nicht selbst gefärbt, und widerlegt insbesondere dieses letztere Argument die Reflection des blauen Lichtes einzig oder nur vorzugsweise durch dieselbe, so ist es kaum möglich, eine andere Erklärung der Bläue des Himmels anzunehmen, als diese Farbe eben wie der gefärbten Schatten für subjectiv zu halten.

Dafs übrigens die Atmosphäre Licht reflectirt und nicht absolut durchsichtig ist, bringt den Menschen unglaublichen Nutzen. Ohne diese Eigenschaft nämlich würden wir an allen den Orten nicht sehen, welche blofs durch das von der Atmosphäre reflectirte Licht erleuchtet werden, und der grelle Abstand zwischen dem absoluten Schwarz des leeren Raumes und den hellen Lichtstrahlen würde das Auge ungemein ermüden, vielleicht sogar seine Sehkraft zerstören.

M.

Atmosphäre der Sonne.

Atmosphaera solaris; Atmosphère solaire. Dafs die Sonne mit einer feinen Materie umgeben sey, die ohne Zweifel durch die anziehende Kraft an ihrer Oberfläche festgehalten wird, hat man seit der Entdeckung des *Thierkreislich-*

Digitized by Google

tes, welches Cassini 1683[1] zuerst beobachtete, nicht bezweifelt. Dieses Thierkreislicht zeigt sich als ein matt erleuchteter Streif am Abendhimmel oder Morgenhimmel, und wir schliefsen daher, dafs diese Atmosphäre entweder ein schwaches eigenes Licht habe, oder das Sonnenlicht zurückwerfe, jedoch dabei so dünn sey, dafs sie das Licht der durch sie gesehenen Sterne nicht merklich schwäche.

Die sehr längliche Gestalt des Thierkreislichtes, dessen gröfster Durchmesser nahe mit der Ekliptik oder dem Aequator der Sonne zusammenfällt, läfst schliefsen, dafs die Sonnen-Atmosphäre die Gestalt eines sehr abgeplatteten Sphäroids habe. Da wir uns nämlich immer ziemlich nahe in der Ebene befinden, welche der Aequator dieses Sphäroids heifsen müfste, so läfst sich leicht zeigen, dafs es uns nie anders als in einer länglich elliptischen Form, deren Umrifs übrigens sehr verwaschen ist, erscheinen kann. Der gröfste Durchmesser dieser sphäroidischen Atmosphäre mufs mehr betragen, als der Halbmesser der Erdbahn, da das Thierkreislicht sich zuweilen weiter als 90 Gr. von der Sonne erstreckt.

Ob sich alle Erscheinungen, die das Thierkreislicht darbietet[2], genau durch die Annahme einer solchen Atmosphäre erklären lassen, verdiente wohl eine genaue Untersuchung, die sich jedoch nur anstellen läfst, wenn man Beobachtungen zum Grunde legt, welche die Gestalt des Thierkreislichts durch genaue Messungen bestimmen, indem bei dem blofsen Abzeichnen nach dem Augenmafs unter andern die Gesichtstäuschung, welche uns alle nahe am Horizont stehende Gegenstände als zu grofs beurtheilen läfst, in Betrachtung gezogen werden müfste.

Die abgeplattete Gestalt dieser Sonnen-Atmosphäre hat man daraus erklärt, dafs die Theilchen derselben durch die Rotation der Sonne mit um die Axe der Sonne fortgeführt würden, und die daher entstehende Schwungkraft den Aequatoreal-Durchmesser eben so vergröfsern müsse, wie es

---

1 Vergl. *Thierkreislicht.*

2 Z. B. die von Horner in der heifsen Zone beobachtete und in der monatl. Correspondenz X. Band abgebildete Gestalt desselben.

Digitized by Google

in geringerm Maſse der Fall bei der Erde ist, deren Meere ja aus eben dem Grunde eine sphäroidische Oberfläche bilden. Aber so richtig diese Ansicht in einiger Beziehung ist, so ist doch, wenn man der ganzen Atmosphäre eben die Rotationszeit, wie der Sonne selbst beilegt, Laplace's Einwendung[1] ganz gegründet, daſs sie sich nicht bis an die Bahn des Mercurius erstrecken könne. In einer Entfernung nämlich, die so groſs als die Entfernung des Mercurs von der Sonne wäre, würde ein in 25 oder 26 Tagen um die Sonne herumlaufendes Körpertheilchen eine Schwungkraft erhalten, die viel gröſser als die anziehende Kraft der Sonne wäre; die so entfernten und so schnell fortgeführten atmosphärischen Theilchen würden sich also im Weltraum zerstreuen. Laplace bemerkt ferner, daſs eine Sonnen-Atmosphäre, die eben so schnell als die Sonne selbst rotirte, eine nicht in dem Grade abgeplattete Form haben könnte, wie das Thierkreislicht sie zeigt, sondern daſs der Polar-Durchmesser wenigstens zwei Drittel des Aequatoreal-Durchmessers seyn würde. Hieraus dürfen wir also wohl mit Recht folgern, daſs die entferntern Theile der Sonnen-Atmosphäre nicht so schnell um die Sonne laufen, als es der Rotation der Sonne gemäſs wäre, sondern nur etwa diejenige Geschwindigkeit haben mögen, die ein in eben der Entfernung befindlicher Planet haben würde, indem nur dann zwischen Schwungkraft und anziehender Kraft ein Gleichgewicht besteht, zugleich aber auch aller Druck der so entfernten Theilchen gegen die Sonnen-Oberfläche aufgehoben würde.

Bei einer solchen Geschwindigkeit der Materie des Thierkreislichts fiele dann auch die Frage, ob die Planeten, über deren Bahnen hinaus sie sich erstreckt, durch sie einen Widerstand litten, so gut wie ganz weg, indem diese Planeten auf ihren fast kreisförmigen Bahnen ziemlich genau eben so schnell fortgehen würden, als die sie umgebende Materie. Eine Einwirkung dieses Stromes, der überdas doch gewiſs aus einer sehr dünnen Materie besteht, könnte also nur sofern statt finden, als erstlich die Ebene des Sonnen-Aequa-

1 Exposition du Système du monde. Livre IV. Chap. 9.

Digitized by Google

tors (mit welcher übereinstimmend wir wohl am natürlichsten die Bewegung jener atmosphärischen Theilchen annehmen) gegen die Ebenen der Planeten-Bahnen ein wenig geneigt ist, und zweitens die Planeten wegen ihrer elliptischen Bahnen nicht genau überall eben die Richtung und Geschwindigkeit haben könnten, wie jene Theilchen. Beide Umstände können indefs nur einen sehr geringen Widerstand bewirken. Dieselben Umstände müssen auch in Beziehung auf den Mond, der sich um die Sonne immer rechtläufig bewegt; den Widerstand unmerklich machen. Auf die Kometen hingegen könnte der Widerstand nicht blofs ihrer eignen geringern Masse wegen, sondern auch weil sie jenen Strom nach allen verschiedenen Richtungen durchschneiden, und sogar zuweilen ihm gerade entgegen laufen, wohl bedeutend seyn, und sogar eine geringe Aenderung in der Lage der Ebene, worin der Komet sich bewegt, hervorbringen[1]. Da es nach allen Umständen wohl als gewifs angesehen werden kann, dafs die Erde, wo nicht immer, doch wenigstens dann, wenn sie die Ebene des Sonnen-Aequators durchschneidet, (welches im Juni und im December der Fall ist,) sich in der Materie des Thierkreislichtes befindet, so könnte man mit Recht nach dem Einflusse fragen, den diese Materie auf unsre Atmosphäre hat. Mairan glaubte aus diesem Einflusse die Nordlichter erklären zu können[2], aber diese Erklärung kann man nicht als genügend ansehen, und auch von andern Erscheinungen, die wir jenem Einflusse zuschreiben könnten, ist bis jetzt nichts bekannt. *B.*

Atmosphäre des Mondes.

Atmosphaera lunaris; Atmosphère lunaire. Die früheren, auf blofsen Vermuthungen beruhenden Angaben über eine Atmosphäre des Mondes, z. B. die von Wolf[3], der den Mond der Erde vollkommen ähnlich annahm, haben für uns jetzt keine Wichtigkeit mehr, sondern wir werden die Frage, ob der Mond eine Atmosphäre hat, nur aus dem, was die Beobachtungen darbieten, beantworten.

1 Vergl. *Aether.*

2 Mairan traité de l'aurore boréale. Paris 1733.

3 Elementa Astronomiae. §. 486.

Digitized by Google

Schon im Anfange des vorigen Jahrhunderts wurden einige Beobachtungen bekannt, die nach der Meinung mehrerer Astronomen das Daseyn einer ziemlich dichten Atmosphäre um den Mond bewiesen. Louville glaubte bei der totalen Sonnenfinsterniſs 1715 Blitze auf dem dunkeln Monde gesehen zu haben, und so glaubte er, (ohne zu bedenken, was für ungeheure Blitze das seyn müſsten, die in 50000 Meilen Entfernung sichtbar wären,) wirklich ein Gewitter auf dem Monde beobachtet, mithin den Beweis für eine der Erde-Atmosphäre ähnliche Dunstkugel des Mondes in Händen zu haben[1]. Bei eben jener totalen Sonnenfinsterniſs und eben so auch bei der im Jahre 1706 bemerkte man, als die Sonne ganz verfinstert war, einen hellen Ring um den Mond, den man als seine Atmosphäre glaubte ansehen zu dürfen. Aber andre Beobachtungen zeigen deutlich, daſs eine so hohe und dichte Atmosphäre, wie sie seyn müſste, um sich als ein solcher Ring zu zeigen, nicht vorhanden seyn kann; man hat daher später diesen Ring anders erklärt, und es ist wohl nicht zu zweifeln, daſs Bode Recht hat[2], wenn er ihn als in unsrer Atmosphäre entstehend ansieht. Der Schatten des Mondes bedeckt nämlich immer nur einen kleinen Theil unsrer Atmosphäre, und indem wir unser Auge auf die verfinsterte Sonne richten, sehen wir also zugleich auf die benachbarten, erleuchteten Theile unsrer Atmosphäre, in welcher die Dünste, die das Licht zurückwerfen, uns eben so wie die Sonnenstäubchen in dem Lichtstrahle, welcher in ein übrigens dunkles Zimmer fällt, erleuchtet erscheinen. Diese Beleuchtung der uns umgebenden Atmosphäre wird um so mehr einen solchen hellen Ring darbieten, je mehr die Luft mit Dunsttheilchen beladen ist.

Jenen Beobachtungen, die für das Daseyn einer Mondatmosphäre entscheiden sollten, standen andere von weit gröſserer Bedeutung entgegen. Schon der Umstand, daſs wir nie die Mondflecken durch eine Trübung der Mondatmosphäre verändert sehen, war der Meinung nicht günstig, daſs er mit einer solchen Luft, wie unsre Erde umgeben

1 Mémoires de l'acad. de Paris pour 1715. p. 97.

2 Astron. Jahrb. 1820. S. 193.

sey; aber noch mehr sprach dagegen das fast immer plötzliche Verschwinden der Sterne, die vom Monde bedeckt werden. Wenn man seltene Fälle ausnimmt, so kann man im Allgemeinen sagen, dafs die Sterne nicht die mindeste Abnahme des Lichtes zeigen [1], wenn sie sich dem Mondrande nähern, sondern plötzlich von ihm verdeckt werden, statt dafs sie nothwendig eine Verminderung des Lichtes zeigen müfsten, wenn eine ziemlich dichte Mondatmosphäre uns schon, ehe sie an den Mondrand gelangen, einen Theil ihrer Strahlen entzöge. Nur in sehr wenigen Fällen hat man entweder eine geringe Schwächung des Lichtes oder eine Veränderung in dem Ansehen des Sternes, die allenfalls als Folge von Strahlenbrechung angesehen werden könnte, bemerkt [2], und diese nicht ohne Grund als einen Beweis angesehen, dafs in den tieferen Gegenden der Mondoberfläche Nebel liegen mögen, welche diese Erscheinung bewirken.

Durch Schröters Beobachtungen hat endlich die Frage, ob der Mond eine Atmosphäre habe, eine etwas entscheidendere Beantwortung erhalten. Schröter beobachtete nämlich erstlich, dafs sich an manchen Stellen des Mondes solche Aenderungen zeigen, die man örtlichen Verdichtungen in der Mondatmosphäre zuschreiben konnte [3]; und zweitens nahm er eine deutliche, aber freilich sehr schwache Dämmerung wahr. Von den erstern Erscheinungen werde ich bei der Beschreibung der Oberfläche des Mondes (Art.

1 Schröter giebt mehrere solche Beobachtungen an, (Selen. Fragm. 2. Th. §. 1063), wo auch einige der gleich zu erwähnenden Ausnahmen vorkommen.

2 Einen solchen Fall erzählt Schröter (Astron. Jahrb. 1798. S. 156.), da beim Eintritt des Aldebaran, als er vom Monde bedeckt wurde, nach der Berührung am Mondrande der Stern plötzlich sein gewöhnliches Licht verlor, als ein kleiner scintillirender Lichtpunct sichtbar blieb, nach drei Secunden wieder deutlicher aber schon innerhalb des Mondrandes erschien, und nun nicht plötzlich verschwand, sondern allmählig erlosch. — Wahrscheinlich mochte der Stern gerade an einer Stelle des Mondrandes eintreten, wo ein tiefes, vielleicht mit Nebel gefülltes Thal einen Einschnitt bildete, und deshalb konnte er als innerhalb der Mondscheibe erscheinen. (Vergl. Schröters Fragm. §. 1066. 1072 etc.)

3 Selenotopogr. Fragmente von Schröter 1 Th. §. 355. 2 Th. §. 851.

Digitized by Google

Mond und *Mondflecken*) mehr sagen; die andere Beobachtung gehört ganz hierher.

Schon früher hatte man mit Recht vermuthet, dafs man eine Dämmerung auf dem Monde bemerken müsse, wenn er eine Atmosphäre hätte, und da man diese nirgends bemerkte, sondern an der Lichtgrenze sogleich vollkommene Nacht zu herrschen scheint, so erschien dies als ein sehr wichtiger Grund gegen die Meinung, dafs ein solcher Dunstkreis vorhanden sey. Aber Schröter schlofs richtig, dafs man aus der Betrachtung der Lichtgrenze nicht auf gänzlichen Mangel der Dämmerung schliefsen dürfe, indem ein *sehr schmaler* Dämmerungsstreif neben dem hellen Mondlichte nicht wohl könne gesehen werden. Er beobachtete daher den Mond sehr kurze Zeit vor und nach dem Neumonde, wo an den Hörnern die Dämmerung als sehr bedeutend erscheinen, und sich als eine Verlängerung des glänzenden Hornes zeigen mufste. Dafs diese Folgerung richtig sey, ist unverkennbar; denn wenn wir den Mond, ungestört durch die Sonne, beobachten könnten, wenn er ganz nahe bei der Sonne ist, so müfste der durch die Dämmerung erhellte Raum als ein matt erhellter Ring innerhalb der Mondscheibe diese ganz umgeben; sobald der Mond ein wenig von der Sonne weggerückt ist, kann dieser Ring an der von der Sonne abgekehrten Seite uns nicht mehr erscheinen, aber an den Hörnern wird noch ein Theil dieses Ringes, spitz auslaufend, als Verlängerung der Hörner erscheinen. Und so zeigte es sich in der That, obgleich bei verschiedenen Beobachtungen nicht immer gleich deutlich. Ich theile hier nur *eine* Beobachtung mit [7], die am 24. Febr. 1792, 2 Tage 12 Stunden nach dem Neumond angestellt wurde. „Mit völliger Deutlichkeit und Schärfe liefen beide Hörnerspitzen sehr fein und matt, fast gar nicht unterbrochen, ab, von der dunkeln Seite war aber noch nichts zu bemerken. Auf einmal aber fing die dunkle Halbkugel, aber blofs am Rande und blofs an beiden Hörnerspitzen auf einige Grade weit an, sich zu entwickeln; dieser Rand hatte eine ganz andere Farbe als die äufsersten Hörnerspitzen, und fiel

7 Schröters selenotopogr. Fragm. 2 Th. §. 960.

ganz, wie es die Dämmerung fordert, immer matter ab. Von der ganzen übrigen dunkeln Halbkugel war nichts zu sehen, und erst 8 Minuten später ward (bei abnehmender Tageshelle) der übrige Rand der dunkeln Halbkugel sichtbar."

Bei dieser Beobachtung und so bei vielen andern liefs sich die durch Dämmerungslicht erleuchtete Hornspitze abmessen, und daraus bestimmen, dafs die Sonne in den Gegenden, wo wir noch die äufserste Dämmerung bemerken, etwa $2\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizonte ist. Daraus aber ergiebt sich[1] die Höhe der Mond-Atmosphäre, nur etwa 1400 par. Fufs. Da indefs unsre Beobachtung in die Zeit fällt, wo die Nachtseite des Mondes vom vollen Erdenlichte sehr hell erleuchtet ist, so kann man wohl annehmen, dafs die letzte Dämmerung auf dem Monde selbst, in Nächten, die nicht vom Erdenlichte erleuchtet sind, viel länger und etwa bis dahin, wo die Sonne 6 Grad tief steht, dauern mag, was denn für die Atmosphäre eine Höhe von 8000 Fufs giebt, statt dafs die unsrige auf 230000 Fufs hoch gerechnet wird.

Mit diesen Folgerungen stimmen auch noch andre Beobachtungen gut überein. Bei der Sonnenfinsternifs am 5. Sept. 1793, (die zwar grofs aber doch lange nicht total war) sah Schröter die dem Rande nahen Theile des Mondes in dunkelgrauer, vom Rande nach innen zu immer matter werdender Farbe[2], was sich aus dem Dämmerungslichte sehr wohl erklären läfst. Bei der ringförmigen Sonnenfinsternifs am 7. Sept. 1820 bemerkte Horner[3], dafs bei der Ringbildung den zugespitzten Hörnern eine feine, röthlich graue Linie, (die also die dunkle Mondkugel umgab,) voranzugehen schien. Zwei Secunden vor dem Schliefsen des Ringes vereinigten sich diese von beiden Hörnern her sich nähernden Bogenlinien. Eben diese Erscheinung wurde in umgekehrter Ordnung bei dem Oeffnen des Ringes, am Ende der ringförmigen Verfinsterung beobachtet. Eine kurze Bemerkung von Santini zeigt[4], dafs er und sein Mitbeobachter bei

1 S. *Dämmerung.*

2 Fragmente 2r Thl. §. 926.

3 Astron. Jahrb. 1824. S. 177.

4 Von Zach Correspondance astronomique. Vol. IV. p. 271.

eben der Sonnenfinsternifs am 7. Sept. 1820, sowohl die von Schröter beobachtete Dämmerung, als den von Horner beobachteten matten Lichtstreif (einen matten Glanz, ähnlich einer Morgenröthe, nennt er es) gesehen haben. *B.*

Atmosphäre der Planeten.

Atmosphaera planetae v. c. *Veneris.* Auch die neueren Beobachtungen der Planeten und ihrer Monde zeigen, dafs diese mit Atmosphären umgeben sind. Da die Frage, welche Erscheinungen man denn als atmosphärisch auf den Planeten ansehen kann, besser da beantwortet wird, wo diese Erscheinungen selbst erzählt werden, so behalte ich mehreres hieher gehöriges den Artikeln vor, welche von den einzelnen Planeten handeln, und bemerke hier nur folgendes. Dafs der *Mercurius* eine Atmosphäre hat, darf man aus dem von Schröter beobachteten veränderlichen Fleck schliefsen[1]. Der *Mars* zeigt so viele veränderliche Flecken, dafs man darin Grund genug findet, um seine Atmosphäre als dem Dunstkreise der Erde sehr ähnlich anzusehen[2]. Auch an den Streifen des *Jupiter* und *Saturn* hat man Veränderungen bemerkt, die auf Veränderungen in der Atmosphäre dieses Planeten zu deuten scheinen[3]. Ueber die Atmosphäre der *Venus* hat Schröter genauere Beobachtungen angestellt. Schon der Umstand, dafs das Licht der Venus, wenn sie sichelförmig erscheint, gegen die Lichtgrenze sehr matt abfällt, zeigt, dafs das Licht der nahe am Horizont stehenden Sonne eben so, wie bei uns, sehr geschwächt ist, vermuthlich also dadurch geschwächt, dafs es dann einen viel gröfsern Weg in der Atmosphäre der Venus durchlaufen mufs. Hieraus läfst sich auf eine ziemlich dichte Atmosphäre schliefsen[4]. Eine solche Atmosphäre mufs aber nothwendig eine Dämmerung in den der Erleuchtungsgrenze nahe liegenden Theilen der Nachtseite hervorbringen, und

1 Schröters Hermographische Fragmente.

2 Herschels Beob. in den Philos. Transact. 1784.

3 Die Beobachtungen sind zusammengestellt in Brandes vornehmsten Lehren der Astronomie. 3r Th. S. 268 und 303.

4 Schröters Aphroditographische Fragmente. S. 88.

Digitized by Google

wirklich hat Schröter diese an den Hörnern der Venus oft ganz so beobachtet, wie es in dem Art. *Atmosphäre des Mondes* beschrieben ist. Es zeigte sich nämlich, bald am einen Horne, bald am andern mit gröfserer Deutlichkeit, eine das erleuchtete Horn verlängernde, matt grauliche oder bläuliche Lichtspitze, die sich allmählig ins Dunkle verlor[1] und sich ganz wie Dämmerungslicht ausnahm. Ganz eben das beobachtete Herschel[2]. Die Ausdehnung dieser Dämmerung wurde mit verschiedenen Instrumenten ungleich gefunden, vermuthlich weil lichtstarke Fernröhre eine schwächere, also sich weiter erstreckende Dämmerung noch wahrnehmen lassen.

Obgleich nun diese Beobachtungen nur angeben, dafs die uns noch sichtbare Dämmerung auf der *Venus* so lange dauert, bis die Sonne 7,5 Grad unter dem Horizont ist, so erhellt doch, dafs das eigentliche Ende der Dämmerung für die Venus-Bewohner selbst erst viel später eintreten mufs, und die Dämmerung wohl ebenso wie auf der Erde bis zu der Zeit, da die Sonne 18 Grade unter dem Horizonte ist, dauern mag. Das leitet uns dann weiter zu dem Schlusse, dafs die Atmosphäre der Venus an Dichtigkeit und Höhe sich nicht viel von der unsrigen unterscheiden könne. Frühere Astronomen hatten gehofft, bei Vorübergängen der Venus vor der Sonne, ihre Atmosphäre als einen hellen Ring zu beobachten, und einige hatten geglaubt, diesen gesehen zu haben[3], aber Schröter bemerkt mit Recht, dafs die Höhe der Atmosphäre dazu zu geringe sey, und gewifs so nicht könne wahrgenommen werden.

Was die Monde der Planeten betrifft, so mag es hier genügen, nur kurz zu bemerken, dafs einige derselben einen unregelmäfsigen Lichtwechsel zeigen, der das Daseyn einer Atmosphäre um dieselbe anzudeuten scheint[4]. *B.*

Attraction. S. *Anziehung.*

---

1 Schröter das. im ganzen 2 Abschn. der zweiten Abtheilung.
2 Philos. Transactions. for the Y. 1793.
3 Schröter führt diese Beob. an Aphr. Fragm. S. 168.
4 Vergl. Brandes Hauptlehren d. Astronomie. 3 Th. 293. 295.

Digitized by Google

Aufgang der Gestirne.

Ortus siderum; Lever des Astres; *the Rising of the stars.* — Die Gestirne gehen auf, wenn sie über dem Horizont hervorkommen. Dafs dieses am östlichen Horizonte geschieht, desto weiter nach Süden, je südlicher die Sterne stehen, ist bekannt. Wenn man die Strahlenbrechung unbeachtet läfst, so geht ein Stern auf, wenn sein berechneter Abstand vom Scheitel 90 Grade ist, und man kann also die Bestimmung, wenn dies geschieht, oder wie weit ein Stern, wenn er aufgeht, vom Meridian entfernt ist, durch eben die Formeln finden, welche den Abstand vom Scheitel und den Stundenwinkel durch einander bestimmen. Für ein Gestirn, das wie der Mond seine Stelle sehr schnell ändert, mufs man, nachdem die Zeit des Aufgangs vermittelst einer dieser Zeit nahe entsprechenden Stellung des Mondes berechnet worden, noch einmal mit der genau diesem Zeitpuncte entsprechenden Stellung die Rechnung wiederholen [1]. Will man auf die Strahlenbrechung Rücksicht nehmen, so mufs man für den Zenith - Abstand $= 90° +$ Strahlenbrechung im Horizont, die Rechnung, welche den Stundenwinkel angiebt, führen. Es sey P die Polhöhe, D die Abweichung, x der Stundenwinkel, so ist Cos. x $=$ — Tang. P. Tang. D, für den Augenblick, da der Stern 90 Grad von Zenith entfernt ist. Da die Strahlenbrechung nicht gar viel beträgt, so wird man die Vergröfserung, welche x ihretwegen erleidet, nahe genug durch Differentiirung der Formel

$$\text{Cos. } x = \frac{\text{Sin. h} - \text{Sin. P. Sin. D}}{\text{Cos. P. Cos. D}}$$

finden, wenn man h, welches das Complement des Zenith-Abstandes bedeutet, als veränderlich ansieht, also

$$-\,\text{d x. Sin. x} = \frac{\text{d h. Cos. h}}{\text{Cos. P. Cos. D}} \text{ setzt,}$$

welches für h $= 0$,

$$\text{d x} = \frac{\text{d h.}}{\text{Cos. P. Cos. D. Sin. x}} \text{ giebt.}$$

1 Vollständigere Anleitung dazu giebt Mollweide in d. Astron. Zeitschr. von v. L. u. v. B. II. S. 266.

Digitized by Google

In einer geographischen Breite von 50 Graden geht also die Sonne ungefähr wegen der Strahlenbrechung 3′ 20″ zu früh auf, wenn sie im Aequator ist, und 4′ 15″ zu früh auf, wenn sie ihre gröfste nördliche Abweichung hat.

In den alten Schriftstellern ist oft in einem andern Sinne vom Aufgange der Gestirne die Rede. Da nämlich in den ältesten Zeiten Bestimmungen des scheinbaren Ortes der Sonne unter den Sternen durch solche Beobachtungen, wie wir sie jetzt anstellen, nicht möglich waren, so mufste man sich zuerst begnügen, die Wiederkehr gleicher Stellungen der Sonne dadurch zu bestimmen, dafs man beobachtete, wann derselbe Stern mit ihr zugleich aufging, unterging, oder aus ihren Strahlen hervortretend wieder sichtbar ward. Diese Aufgänge und Untergänge der Sterne haben für uns in Beziehung auf die Erklärung der alten Schriftsteller noch ein Interesse, da diese zuweilen die Jahreszeiten dadurch bestimmen, die Zeit für gewisse Feld-Arbeiten darnach angeben u. s. w. Da Hesiodus, Virgilius u. a. Dichter dieser Aufgänge oft erwähnen, so hat man sie die *poëtischen Aufgänge der Gestirne* (ortus siderum poëticos) genannt. Auch die alten Astronomen haben hierüber geschrieben[1] und mehrere der frühern Astronomen, z. B. Meton und Euktemon beschäftigten sich mit Beobachtung dieser Aufgänge und Untergänge. Aus solchen Beobachtungen gingen die ersten Bestimmungen der Länge des Sonnenjahres hervor, indem man zum Beispiel in Aegypten fand, dafs die Ueberschwemmung des Nils immer dann eintrat, wenn der Sirius aus den Sonnenstrahlen hervortrat, und indem man diese Erscheinung fortwährend beobachtete, das Jahr ungefähr $365\frac{1}{4}$ Tage fand.

Die in den alten Schriftstellern erwähnten Aufgänge und Untergänge betreffen drei verschiedene Erscheinungen.

1. Der *Ortus heliacus* (lever héliaque) (*the heliacal rising*) ist das Hervortreten aus den Sonnen-

1 Mehrere hieher gehörige Schriften der Alten führt Pfaff an in s. Schrift de ortibus et occasibus siderum apud auctores classicos commemoratis. Ptolemaeus περὶ φασέων καὶ ἐπισημασιῶν τῶν ἀπλανῶν, und Geminus Εἰσαγωγὴ εἰς τὰ φαινόμενα, (das letztere findet sich mit vielen andern Schriften über den Aratus u. s. w. in Petavii uranologion) sind vorzüglich wichtig.

Digitized by Google

strahlen. Wenn nämlich die Sonne bei ihrem Fortrücken in der Ekliptik einem Sterne nahe kömmt, so wird er uns bekanntlich in der Abenddämmerung endlich unsichtbar, weil er schon sehr bald nach Sonnenuntergang, ehe noch die zu starke Dämmerung vorbei ist, untergeht. Dieses Verschwinden in den Sonnenstrahlen bezeichnet den Zeitpunct, wo er heliace *untergeht (occasus heliacus*, coucher héliaque). In den folgenden Tagen ist er unsichtbar, bis die Sonne ihn so weit hinter sich gelassen hat, dafs er in der Morgendämmerung wieder sichtbar wird, bis er lange genug vor der Sonne aufgeht, um in der noch schwachen Morgendämmerung gesehen zu werden. Wenn er so aufs Neue sich zeigt, so geht er heliace auf. Da Sterne erster Gröfse ungefähr sichtbar werden, wenn die Sonne 10 Grade unter dem Horizonte ist (obgleich auch dafür wegen Ungleichheit der Sehekraft und der Heiterkeit der Luft Verschiedenheiten statt finden), so läfst sich der Zeitpunct, wo sie heliacé aufgehen oder untergehen, bestimmen, indem man den Punct der Ekliptik berechnet, welcher bei dem Aufgange eines gegebenen Sternes erster Gröfse 10 Grade unter dem östlichen Horizonte ist, und ebenso für den Untergang den Punct der Ekliptik, der bei Untergang des Sternes 10 Grade unter dem westlichen Horizonte ist; denn die Tage, da die Sonne in jenen Puncten eintrifft, sind die Tage des heliakischen Aufganges und Untergangs. Diese Zeitpuncte sind offenbar nicht einerlei für verschiedene Orte der Erde, da bei veränderter Polhöhe andre Puncte der Ekliptik in der bestimmten Tiefe unter dem Horizonte sind, wenn der Stern aufgeht oder untergeht. Diese Zeitpuncte bleiben aber auch an demselben Orte nicht unveränderlich, weil der Nachtgleichenpunct selbst auf der Ekliptik fortrückt und der Pol des Himmels jetzt ein andrer ist, als vor einigen Jahrhunderten. Man mufs daher, um die Stellen der alten Schriftsteller, wenn sie zum Beispiel vom Untergange der Plejaden sprechen u. s. w. — richtig zu verstehen, wissen, auf welchen Ort und auf welche Zeit sich diese Angabe beziehen soll. Hierdurch ist nun in jene Angaben selbst eine grofse

Digitized by Google

Unsicherheit gekommen, indem es sich deutlich zeigen läfst, dafs manche der alten Dichter[1] auf diese Ungleichheit für verschiedene Zeiten und Orte nicht Rücksicht nahmen, und daher Angaben vermischten, die nicht für einerlei Ort und einerlei Zeit passen.

2. Der kosmische Aufgang eines Sternes, (*Ortus cosmicus*, Lever cosmique,) ist der Zeitpunct, da ein Stern mit der Sonne zugleich aufgeht, und der kosmische Untergang eines Sternes, (*Occasus cosmicus*, Coucher cosmique) ist, wenn der Stern untergeht, indem die Sonne aufgeht. Um den Zeitpunct des kosmischen Aufgangs zu bestimmen, mufs man also den Punct der Ekliptik berechnen, der an einem gegebenen Orte mit dem Sterne zugleich aufgeht; und um den kosmischen Untergang zu finden, mufs man den Punct der Ekliptik berechnen, der aufgeht, wenn der Stern untergeht. Die Tage, an welchen die Sonne diese Puncte erreicht, sind die Tage des kosmischen Aufgangs und Untergangs. Für Sterne in der Ekliptik selbst liegt zwischen dem Zeitpuncte des kosmischen Aufgangs und Untergangs ein genaues halbes Jahr, weil jener bei ihrer Conjunction mit der Sonne, dieser bei der Opposition eintrifft. Für Sterne dagegen, die aufser der Ekliptik stehen, ist der Zwischenraum nicht ein halbes Jahr, sondern wenn es Sterne sind, die den nördlichen Zeichen der Ekliptik entsprechend zugleich auch eine nördliche Breite haben, so beträgt die Zeit vom kosmischen Aufgang bis zum kosmischen Untergang mehr als ein halbes Jahr, sind es Sterne, die bei einer Länge $< 180°$, zugleich südliche Breite haben, so beträgt die Zeit vom kosmischen Aufgange bis zum kosmischen Untergange weniger als ein halbes Jahr u. s. w.

3. Der akronyktische Aufgang eines Sternes (*Ortus acronycticus*, Lever acronyche) findet statt, wenn der Stern aufgeht, indem die Sonne untergeht, und der akronyktische Untergang (*Occasus acrony-*

---

1 Unter mehrern Beispielen, die Pfaff anführt, will ich nur auf das verweisen, was er l. c. S. 63. vom Ovid sagt.

cticus, Coucher acronyche), wenn der Stern mit der Sonne zugleich untergeht [1].

Wie man die Zeitpuncte dieses Aufganges und Unterganges berechnet, erhellt schon aus dem Vorigen. Für Sterne, die in der Ekliptik stehen, tritt der akronyktische Aufgang ein, wenn die Sonne ihnen genau gegenüber steht, der akronyktische Untergang, wenn sie in demselben Puncte der Ekliptik ist, wie der Stern. Für diese ist daher die Zeit des kosmischen Aufgangs genau einerlei mit der Zeit des akronyktischen Untergangs und umgekehrt. Für Sterne, die den nördlichen Zeichen der Ekliptik entsprechend, oder eine Länge $< 180°$ habend, zugleich nördlich von der Ekliptik sind, tritt der akronyktische Aufgang schon ein, wenn die Sonne noch nicht zur Opposition mit dem Sterne gelangt ist, und der akronyktische Untergang, wenn die Conjunction der Sonne mit ihm schon vorbei ist; dieser Zeitraum zwischen dem akronyktischen Aufgange und Untergange ist also gröfser als ein halbes Jahr.

Der kosmische Anfgang trifft bei den in der Ekliptik selbst stehenden Sternen genau mit dem akronyktischen Untergange zusammen. Für Sterne aufser der Ekliptik, und zwar von ihr nördlich stehend tritt der kosmische Aufgang früher ein, als bei den unter gleicher Länge der Ekliptik nahe stehenden, der akronyktische Untergang dagegen später, und diese Zeitpuncte sind also nicht mehr zusammenfallend. Dagegen ist der akronyktische Aufgang von dem kosmischen Aufgange allemal ein halbes Jahr entfernt.

Da die Berechnung dieser Aufgänge und Untergänge nur selten gebraucht wird, so übergehe ich sie hier und verweise auf Pfaff [2], der die Formeln dazu ausführlich mittheilt. Zur ungefähren Bestimmung reicht die Himmelskugel aus, nur mufs man dabei bedenken, dafs unsre auf die jetzige Zeit eingerichteten Himmelskugeln den Angaben der Alten nicht ganz entsprechen können, weil der Himmelspol damals eine andre Lage unter den Sternen hatte. Für die jetzige Zeit

1 Akronyktisch, bei Anfang der Nacht (ἀκρόνυχος,) von ἄκρος, das äufserste, und νύξ, Nacht.

2 Pfaff de ort. et occ. p. 10.

findet man, nachdem die Kugel auf die Polhöhe des Ortes, für welchen man die Bestimmung machen will, gestellt ist, 1. den kosmischen Aufgang, wenn man den Stern in den östlichen Horizont bringt, und den zugleich mit ihm aufgehenden Punct der Ekliptik aufsucht; 2. den akronyktischen Aufgang, wenn man den bei eben der Stellung der Kugel untergehenden Punct aufsucht, der bekanntlich um 180 Grade von dem vorigen entfernt ist; 3. den kosmischen Untergang, wenn man den Stern in den Abend-Horizont bringt und den mit ihm zugleich aufgehenden Punct bemerkt; 4. den akronyktischen Untergang, wenn man bei eben der Stellung der Kugel den zugleich mit ihm untergehenden Punct der Ekliptik auffindet. Um 5. den heliakischen Aufgang zu erhalten, mufs man mit Hülfe eines angelegten Höhenkreises den Punct der Ekliptik aufsuchen, der bei Aufgang des Sternes so tief unter dem Horizonte ist, als man nach der verschiedenen Helligkeit der Sterne die Sonne glaubt unter dem Horizonte annehmen zu müssen, wenn diese Sterne sich zeigen sollen. Eben das läfst sich 6. leicht auf den heliakischen Untergang anwenden. — Hat man so die Puncte gefunden, wo die Sonne stehen mufs, so findet man dadurch leicht auch die entsprechenden Jahrestage.

Für Leipzig findet man so ungefähr als Bestimmung der Auf- und Untergänge des Sirius den kosmischen Aufgang am 8. Aug., den heliakischen Aufgang am 23. Aug., den kosmischen Untergang am 17. November, den akronyktischen Aufgang am 8. Februar, den heliakischen Untergang am 27. April, den akronyktischen Untergang am 17. Mai [1].

Was sich hieraus in Beziehung auf die Erklärung der alten Schriftsteller ergiebt, haben Pfaff (der auch die frühern Schriftsteller anführt,) Mollweide, Ideler u. a. gezeigt [2].

B.

---

1 Angaben der Art findet man auch in Scheibels Unterricht vom Gebrauch d. künstl. Himmels und Erdkugel. Breslau 1785. S. 194. 201.

2 Pfaff de ort. et occas. siderum. Mollweide, commentationes mathematico-philologicae, und ferner v. Zach Mon. Corr. V. 416. und XXVIII. 527; und Lindenau's und Bohnenbergers astronom. Zeitschr. I. 118.

Digitized by Google

Auflösung.

Lösung; *Solutio*, *Dissolutio;* solution, dissolution; *solution.* Hierunter versteht man sowohl den Act einer chemischen Verbindung, als auch das durch denselben hervorgebrachte Product. Das Wort: Auflösung wird bald in einem engern, bald in einem weitern Sinne gebraucht. Im weitesten Sinne kann man eine jede chemische Verbindung zweier oder mehrerer Stoffe als eine Auflösung betrachten; im engsten versteht man hierunter die Verbindung einer tropfbar flüssigen Materie mit einer festen, wenn die neue Verbindung ebenfalls eine tropfbar flüssige Gestalt besitzt, z. B. Auflösung des Zuckers im Wasser. Gewöhnlich bezeichnet man mit dem Worte Auflösung alle die Fälle chemischer Verbindungen, wobei der eine Körper tropfbar flüssig, der andere fest ist. Ist der erstere schon bei gewöhnlicher oder nicht sehr viel höherer Temperatur flüssig, so heifst der Verbindungsact eine *Auflösung auf nassem Wege;* mufs er erst durch eine beträchtliche Hitze flüssig gemacht werden, so heifst dieses eine *Auflösung auf trockenem Wege;* eine Unterscheidung, die nicht scharf seyn kann. Auch wird bei dieser Verbindung der flüssige Körper: das *Auflösungsmittel;* menstruum; dissolvens, genannt, und der feste Körper: der *aufzulösende oder aufgelöste Körper*, corpus solvendum seu solutum, ob wir gleich hierbei uns beide Materien als gleich wirksam vorzustellen haben. Der Vorschlag Lavoisier's und Anderer unter *Lösung*, solution, eine losere chemische Verbindung zu verstehen, unter *Auflösung*, dissolution, eine innigere, hat mit Recht keinen Eingang gefunden [1]. *G.*

Aufsteigung,

gerade; Rectascension; *Ascensio recta;* Ascension droite; *Right Ascension.* Wenn man durch irgend einen Punct des Himmels einen durch beide Pole des Aequators gehenden gröfsten Kreis legt, so ist der zwischen diesem Kreise und dem Frühlings-Nachtgleichepuncte abgeschnittene Bogen auf dem Aequator *die gerade Aufsteigung* jenes Punctes.

1 Vergl. *Verwandtschaft.*

Wenn man sich auf dem Aequator der Erde befindet, so geht jener ganze, durch beide Pole gehende Kreis in demselben Augenblicke auf, und daher rührt der Name, weil dort derjenige Punct des Himmels-Aequators, der die Rectascension des Sternes begrenzt, mit diesem zugleich aufgeht (daher συναναtολή gleichzeitiger Aufgang); dieser Punct heifst aber der zugleich *gerade*, nämlich rechtwinklicht gegen den Horizont aufgehende, weil unter dem Aequator alle Sterne *gerade*, d. i. senkrecht gegen den Horizont *aufsteigen*. Die gerade Aufsteigung wird vom Puncte der Frühlings-Nachtgleiche an bis zu 360 Graden fortgezählt, und zwar von Abend gegen Morgen, so dafs die später durch den Meridian gehenden Gestirne eine gröfsere Rectascension haben.

Durch die gerade Aufsteigung und Abweichung wird die Lage eines Sternes oder eines Punctes am Himmel vollkommen bestimmt. Alle Sterne, die auf demselben, durch beide Weltpole gelegten, Halbkreise liegen, haben *gleiche* Rectascension, und eine verschiedene Abweichung.

Rectascension der Mitte des Himmels oder des Zeniths ist der zwischen dem Puncte der Frühlings-Nachtgleiche und dem südlichen Meridian abgeschnittene Bogen des Aequators, und zwar dieser Abstand von Westen nach Osten gezählt. — Daher ist des Zeniths Rectascension = 359°, wenn der Frühlings-Nachtgleichen-Punct nur noch 1 Grad östlich vom Meridian entfernt ist, indem dann der Punct, dessen gerade Aufsteigung 359° ist, im Meridian steht. Wenn man an einem vollkommen genau aufgestellten Mittagsfernrohr die Zeit beobachtet, wann ein Stern a und ein zweiter Stern b durch den Meridian gehen, so giebt dieser Zeit-Unterschied den *Unterschied der Rectascensionen* beider Sterne. Da nämlich in 1 Stunde Sternzeit 15 Grade des Aequators durch den Meridian gehen, so erhält man den Unterschied der Rectascensionen, wenn man auf jede Stunde Zeit-Unterschied 15 Grade, auf jede Minute Zeit-Unterschied 15 Minuten, auf jede Secunde Zeit-Unterschied 15 Secunden Unterschied der Rectascension rechnet; die Zeit mufs aber dann in Sternzeit angegeben werden. Dieser *Unterschied* ist also, die Sterne mögen gleiche oder ungleiche Abweichung haben, leicht, und bei

Digitized by Google

vollkommen richtiger Aufstellung des Instruments genau zu bestimmen; schwerer dagegen ist die Bestimmung des *wahren Werthes* der geraden Aufsteigung, da es schwierig ist, den Nachtgleichenpunct am Himmel genau anzugeben[1]. Kennt man aber erst die genaue Rectascension einiger Sterne, die in dieser Hinsicht Fundamentalsterne[2] heifsen können, so erhält man die ger. Aufst. aller übrigen leicht; jedoch bringt ein Beobachtungsfehler von 1 Sec. Zeit eine Unrichtigkeit von 15 Sec. in die gerade Aufst., weshalb das Instrument auf das sorgfältigste berichtiget, auch der Gang der Uhr, ob sie nämlich genaue 24 Stunden zwischen zwei nächsten Durchgängen desselben Sterns durch den Meridian giebt, bekannt seyn mufs.

Da unsre Fixsternverzeichnisse die gerade Aufsteigung sehr vieler Sterne mit zureichender Genauigkeit angeben, so kann, mit Hülfe eines genau aufgestellten Mittagsfernrohrs jeder dieser Sterne dienen, um zu jeder Stunde der Nacht und selbst des Tages, (da gute Instrumente eine hinreichende Zahl von Sternen auch am Tage zeigen) die wahre Rectascension der Mitte des Himmels zu bestimmen. Man findet aber diese auch für einen gegebenen Augenblick, ohne gerade einen Stern im Meridian zu sehen, mit Hülfe einer guten Uhr, wenn man mehrere Stunden vor oder nach jenem Zeitpuncte einen oder mehrere Sterne beobachtet, um zu wissen, welche Zeitangabe der Uhr mit der genau bekannten Rectascension dieser Sterne zusammentrifft; alsdann hat man nämlich, wofern der Gang der Uhr nicht fehlerhaft ist, nur nöthig, den Zeit-Unterschied in Grade des Aequators zu verwandeln, oder zu überlegen, dafs die Rectascension der Mitte des Himmels in jeder Zeitsecunde um 15 Sec. zunimmt.

Auf eben diese Weise findet man die gerade Aufsteigung der Sonne, des Mondes oder eines Planeten vermittelst der Zeit, welche zwischen dem Durchgange dieses Gestirnes und

---

1 S. *Nachtgleichenpuncte.*

2 Die genau bestimmten Rectascensionen solcher Fundamentalsterne findet man in Bessels fundamentis astronomiae; ferner in Bode's astron. Jahrbuch für 1821. S. 208. Bessels Beobachtungen. I. Abth. S. XXV. und V. Abth. S. XL. folg.

Digitized by Google

dem Durchgange eines nach seiner Rectascension bekannten Sternes verfliefst. Ja es bedarf dazu nicht einmal einer Meridianbeobachtung, sondern wenn ein Fernrohr so aufgestellt ist, dafs der Mittelfaden senkrecht gegen den Aequator oder zusammenfallend mit einem Abweichungskreise, ist, so ist die Zeit zwischen dem Durchgange zweier Sterne durch den Faden bei unverrückter Aufstellung des Instruments eben so zu Bestimmung des Unterschiedes der Rectascensionen zu gebrauchen. Die gerade Aufsteigung der Sonne kann, da die Schiefe der Ekliptik genau bekannt ist, durch eine Beobachtung ihrer Abweichung gefunden werden. Es ist nämlich Sin. Rectasc. $= \frac{\text{Tang. Abweich.}}{\text{Tang. Schiefe der Eklipt.}}$. Auch aus der Höhe und dem Azimuth eines Gestirnes kann man, wenn die Polhöhe des Ortes und die gerade Aufsteigung der Mitte des Himmels bekannt ist, die gerade Aufsteigung des Gestirnes finden, wenn man den Stundenwinkel aus jenen gegebenen Stücken berechnet.

Das Bisherige betraf die Bestimmung der geraden Aufsteigung durch Beobachtung; aber oft ist für ein Gestirn die Länge und Breite bekannt, und man verlangt daraus die gerade Aufsteigung zu finden. Dazu dienen folgende Formeln. Es sey A Q der Aequator E C die Ekliptik, S ein Stern, dessen Länge O T $= \lambda$, Breite T S $= \beta$ gegeben sind, die Schiefe der Ekliptik E O A sey $=$ e. Dann ist Tang. S O T $= \frac{\text{Tang. } \beta}{\text{Sin. } \lambda}$ $=$ Tang. w, und Tang. $\alpha =$ Tang. $\lambda . \frac{\text{Cos. (w+e)}}{\text{Cos. w.}}$. Für ein in der Ekliptik selbst stehendes Gestirn, also für die Sonne allemal, ist $\beta = 0$, w $= 0$, Tang. $\alpha =$ Tang. λ. Cos. e. Tang. gerad. Aufst. $=$ Tang. Länge. Cos. Schief. d. Ekl. Auf die letzte Formel gründet sich die Bestimmung dessen, was man *Reduction der Ekliptik auf den Aequator* nennt, nämlich $\lambda - \alpha$, oder Unterschied der Länge und der geraden Aufsteigung für einen Punct der Ekliptik. Tafeln für diese Reduction findet man in den Sonnentafeln z. B. in De Zach tabulae motuum solis, in der Tafel XXI. Wenn in der Länge u. Breite kleine Aenderungen statt finden, oder Correctionen wegen Aberration u. s. w. nöthig sind, so erhält auch die gerade Aufsteigung eine kleine Correction. Eben das findet statt, wenn die

Fig. 13.

Schiefe der Ekliptik sich um etwas ändert. Nenne ich nun $d\lambda$, $d\beta$, de die gegebenen Aenderungen in Länge, Breite und in der Schiefe der Ekliptik, so ergeben sich für die Aenderungen der Rectascens. $= d\alpha$ folgende Betrachtungen.

1. Es ändre sich zuerst blofs die Breite, so dafs der Stern von S nach t versetzt wird, und $St = d\beta$ ist; dann ist, wenn Ss den Bogen eines Parallelkreises zum Aequator vorstellt, $Ss = d\beta$. Cos. tSs $= d\beta$. Sin. TSU und $Uu = d\alpha = \frac{-d\beta. \text{ Sin. TSU}}{\text{Cos. } \delta}$, wo δ als schon berechnet und TSU $=$ PSΠ (wo Π der Pol der Ekliptik, P der Pol des Aequators) als bekannt anzusehen ist.
2. Es ändere sich blofs die Länge, so dafs der Stern S' mit der Ekliptik parallel nach s' rücke, und $T't' = d\lambda$, $S's' = d\lambda$. Cos. β, und $S'S'' = d\lambda$. Cos. β. Cos. $T'S'U'$ also $U'u' = d\alpha = \frac{d\lambda. \text{ Cos. } \beta}{\text{Cos. } \delta}$ Cos. $T'S'U'$ ist.

Fig. 3. 14. Endlich ändere sich die Schiefe der Ekliptik, indem der Aequator AOQ die Lage aOq annimmt; dann geht die Rectascension aus $OU = \alpha$ in $OV = \alpha + d\alpha$ über. Es ist aber $d\alpha = -Vv = -vSV$. Sin. $\delta = -de$. $\frac{\text{Cos } \alpha. \text{ Sin. } d}{\text{Cos. } \delta}$ weil Cos. UWS $=$ Cos. δ. Sin. USV $=$ Cos. α. Sin. UOV ist. Aendern sich λ, β und e alle zugleich, so ist $d\alpha$ gleich der Summe der oben angeführten drei Formeln.

Wenn man die gerade Aufsteigung aus beobachteter Höhe und Azimuth berechnen sollte, so könnte man zuerst die Abweichung und aus dieser und den gegebnen Stücken den Stundenwinkel berechnen, welcher angiebt, um wieviel die gerade Aufsteigung des Gestirnes von der geraden Aufsteigung des Zeniths verschieden ist.

Wie man die Lage eines Gestirnes durch Abstände von zwei bekannten Sternen bestimmt, zeigt Littrow[1]. *B.*

Aufsteigung,

schiefe; *Ascensio obliqua;* Ascension oblique; *Oblique Ascension;* ist der Bogen des Aequators, welcher zwischen dem Puncte der Frühlings-Nachtgleiche und dem

1 Littrow theor. u. pract. Astr. I. 226.

Digitized by Google

mit einem Gestirne zugleich aufgehenden Puncte des Aequators enthalten ist. Unter verschiedenen Polhöhen erhält das Gestirn eine andere schiefe Aufsteigung. Der Unterschied der geraden und schiefen Aufsteigung eines Gestirnes heifst seine *Ascensionaldifferenz*[1], so dafs schiefe Aufst. = gerade Aufst. — Ascens. Diff. ist, und die schiefe Aufsteigung bei nördl. Sternen auf der nördl. Halbkugel der Erde kleiner als die gerade Aufsteigung. *B.*

Auge.

Oculus; Oeil; *Eye;* ist in der eigentlichen, hier allein in Betrachtung kommenden Bedeutung dasjenige Organ, vermittelst dessen die lebenden Wesen sehen. Eine ganz ins Einzelne gehende Beschreibung des menschlichen Auges und der zahlreichen Abänderungen desselben bei den verschiedenen Thierclassen gehört der Anatomie an, und würde hier am unrechten Orte seyn. Es möge daher genügen, die einzelnen Theile desselben in so weit deutlich zu beschreiben, als dieses zur Erklärung des Sehens erforderlich ist[2]. Zur Versinnlichung dienen die aus den beiden ersten angezeigten Werken entlehnten Linearzeichnungen wovon erstere den horizontalen Durchschnitt beider Augen eines weiblichen Kopfes, letztere den lothrechten des linken Auges eines Mannes in natürlicher Gröfse darstellt[3].

Fig. 94. u. Fig. 95.

---

1 S. *Ascensionaldifferenz.*

2 Ausführlich ist: S. T. Soemmering Abbildungen des menschliches Auges. Fr. a. M. 1801. fol. De oculorum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio, quam . . . exhibuit D. W. Soemmering Gott. 1818. fol. Aeltere wichtige Werke sind: J. G. Zinn descriptio anatomica oculi humani. Gott. 1753. 4. ed. Wrisberg. ib. 1780. Horrebow de oculo humano eiusque morbis. Hafn. 1792. W. Porterfield Treatise on the eyes, the manner and phenomena of vision. Edinb. 1759. 2 Vol. 8. Alex. Monro three Treatises on the brain, the eye and the ear. Edinb. and Lond. 1797. 4. Ribes Recherches anatom. et physiolog. sur quelques parties de l'oeil. In Mém. de la Soc. médic. d'émulat. VII. 97. Lieutaud Zergliederungskunst mit Portal's Anmerk. Leipz. 1800. 2 Vol. Bd. II. Cap. 5. Absch. 2. Ch. H. Theod. Schreger Versuch einer vergleichenden Anatomie des Auges. Leipz. 1810. 8. J. A. Hegar de oculi partibus quibusdam. Gott. 1818. 8. cum tab. aen.

3 Zur Abkürzung sind die Theile in der einen Figur mit Buchstaben, in der andern mit Zahlen bezeichnet, und ohne auf die Figur jederzeit hinzuweisen, zugleich genannt.

Digitized by Google

Der *Augapfel*, bulbus oculi, ein rundlicher Körper, dessen Axe sich zum Queerdurchmesser beim Menschen nach Soemmering wie 1 : 0,95 verhält, liegt in der konischen, aus Knochen gebildeten Augenhöhle, orbita, s. s. 19. 19, in reichlichem, mit Fett durchwachsenen Zellgewebe. Wird das Fett durch krankhaften Zustand absorbirt, so sinkt der Augapfel tiefer ein, und giebt das hohläugige Ansehen. In der Augenhöhle sieht man die den Nerven begleitende arteria ophthalmica, 16. u, welche aus der innern Carotide, 21. kommt, aus welcher gleichfalls die Ciliararterien, 22. 22. 22. stammen. Auf der andern Seite des Muskels dagegen liegt die Augenvene, vena ophthalmica. 15. Von Aufsen ist der Augapfel bedeckt durch die Augenlieder, welche mehr oder minder durchscheinend sind, und durch den gemeinschaftlichen Kreismuskel, das obere für sich aber noch durch einen eigenen Muskel, den Aufheber 9. bewegt werden. An den Rändern der Augenlieder liegen die Meibomischen Drüsen, aus denen eine talgartige Feuchtigkeit abgesondert wird, welche die Ränder stets geschmeidig erhält. Beim Mangel dieser Absonderung werden sie trocken, empfindlich und roth, sind auch zuweilen entzündet und erzeugen Geschwüre, die sogenannten Gerstenkörner.

Aufserdem gehört zu den Nebentheilen des Auges die *Thränendrüse*, glandula lacrymalis, worin die Thränen bereitet werden, eine wässerige, fade, wenig salzige Feuchtigkeit, von etwas gröfserem spec. Gew. als dem des Wassers. In einem offenen Gefäfse der freien Luft ausgesetzt verändert sich die Thränenfeuchtigkeit in einen gelblichen Schleim, welcher dem Nasenschleime gleicht. Auf gleiche Weise werden sie im Thränensacke verändert, wenn sie aus demselben nicht abfliefsen können[1]. Die in der Thränendrüse bereiteten Thränen nämlich fliefsen durch feine Abführungsgänge unter dem oberen Augenliede herab, sammeln sich im Thränensee, werden durch die Thränenpuncte aufgesogen, und durch die Thränengänge, ductus lacrymales, in den Thränensack gebracht, aus dem sie durch den Thränencanal, canalis lacrymalis, in den unteren Na-

1 Berzelius Djurkemi. II. 219.

Digitized by Google

sengang gelangen. Alle heftige Affecte reizen, insbesondere Kinder und Personen weiblichen Geschlechts, zu übergrofser Absonderung der Thränen, wodurch der Thränensee überfüllt wird, so dafs sie über die Wangen und durch die Nase abfliefsen[1].

Am Rande des Augenliedes beginnt die zarte und sehr reizbare, nach Innen geschlagene Bindehaut, tunica conjunctiva, adnata, welche viele feine, nur Blutwasser, im Zustande der Reizung oder Entzündung aber auch Blutkügelchen aufnehmende Gefäfse hat, und mittelst der Thränendrüse und dem Thränensacke mit der Schleimhaut der Nase in Verbindung steht. Durch anhaltende Entzündungen entstehen in ihr Bläschen, und allmählig Verdickungen, welche bis zu einem dicken und undurchsichtigen Ueberzuge zunehmen können[2]. Sie dient zugleich als Absonderungsorgan, indem durch sie der Augapfel und das innere Augenlied stets feucht erhalten wird.

Der Augapfel ist durch sechs *Muskeln* beweglich, deren vier gerade n. n. 13. 13, und zwei schräg laufen[3]. Alle entspringen aus den Knochen der Augenhöhle, und sind mit ihren Sehnen in der weifsen Haut, bis auf die Hornhaut hin, befestigt. Indem sie einander entgegengesetzt sind, so zieht bei Bewegungen der eine sich zusammen, wenn der andere sich ausdehnt; ihre gemeinschaftliche Anspannung aber verursacht, dafs der Augapfel etwas hervortritt, z. B. wenn man Gegenstände scharf fixirt. Dicht über dem oberen geraden liegt der früher erwähnte, das obere Augenlied aufhebende Muskel q, der Augenliedheber M, levator palpebrae superioris. Bisweilen fehlt einer der geraden Muskeln bei Schielenden, wie Wrisberg[4] beobachtete. Die beiden schrägen Muskeln, der obere und untere, welche seitwärts

1 Nach Weller: Diätetik für gesunde und schwache Augen p. 27. wird auch durch die Hornhaut Thränenfeuchtigkeit ausgeschwitzt.

2 Beer Lehre von den Augenkrankheiten. Wien 1813. I. 622.

3 Von den letzteren ist die Sehne des oberen bei r, das Fleisch des unteren bei t sichtbar; durchschnitten sieht man den ersteren in 14.

4 Gött. Anz. 1781. 683.

über und unter dem Auge herumgeschlagen sind, dienen vorzüglich zur drehenden Bewegung desselben [5].

Die einzelnen Theile, welche man beim Auge unterscheidet, sind

1. Die *harte*, äufsere oder *weifse Haut*, tunica sclerotica, (von σκληρός hart) alba, cornea opaca, cornée opaque d. d; 1. 1; bildet die eigentliche Form des Auges, schliefst die übrigen Theile desselben ein, dient zur Insertion der Augenmuskeln, und besteht aus dicht verbundenen sehnigen Fasern oder Lamellen, in welche sie auch zerlegt werden kann, ohne eigentlich blätterig zu seyn. An der Hornhaut ist sie etwas dicker, wird dann dünner und in der Gegend des Sehnerven wieder dicker, woselbst sie überhaupt am dicksten ist. Ueber ihre innere Seite ist ein zartes, schwarzbräunlich gefarbtes, Zellgewebe verbreitet, lamina fusca, welches die Gefäfshaut befestigt; ihre äufsere aber ist von einem zarten Zellgewebe bedeckt, welches unter der conjunctiva liegt. Sie wird von vielen Arterien, Venen und Nerven durchbohrt, hat aber selbst nur kleine, zur Ernährung bestimmte Blutgefäfse, aber keine Nerven, und ist daher im gesunden Zustande unempfindlich, auch nicht vollkommen undurchsichtig [2].
2. Die *Hornhaut*, T. cornea, cornea pellucida, cornée transparente, bildet den vordern, etwas erhabenen, sphäroidisch gekrümmten Theil der weifsen Haut [3], welche nach einigen Anatomen eine Fortsetzung der weifsen Haut, nach andern aber blofs unmittelbar mit ihr verbunden ist. 2. f. Man unterscheidet an ihr den mit der weifsen Haut verbundenen, meistens von dieser etwas überdeckten Rand, die vordere, von der zarten und durchsichtigen Bindehaut oben und unten überzogene, und die hintere ausgehöhlte, mit einer besonderen Haut bekleidete Fläche. Die bei einzelnen Subjecten verschiedene Convexität ist der Menge der eingeschlossenen wässerigen Feuchtigkeit

1 Ev. Home in Phil. Trans. 1795. Bibl. Brit. IV. 136. Ueber die eigenthümliche Thätigkeit und Bestimmung dieser Muskeln S. Bell in Phil. Tr. 1823. II. 166. 289.

2 Himly Ophthalmolog. Biblioth. I. 2. 212.

3 Petit in Mém. de l'Ac. 1726. Demours Hist. de l'Acad. 1741. 60.

Digitized by Google

proportional, und nimmt mit zunehmendem Alter ab. Im gesunden normalen Zustande ist sie ohne Blutgefäfse, wenig oder gar nicht sensibel, völlig durchsichtig und farbenlos; wird aber mit zunehmendem Alter vom Rande aus trüber, arcus oder annulus senilis, weifslicher und undurchsichtiger, ist elastisch und sehr hart, so dafs sie bei Staaroperationen zuweilen das Messer biegt, besteht aus mehreren aufeinander liegenden, durch wenig wasserhelle Flüssigkeit getrennten Lamellen, deren äufsere mit den Sehnenfasern der geraden Muskeln in Verbindung steht, verknöchert zuweilen im Alter und wird im Zustande der Entzündung durch Coagulirung der enthaltenen Flüssigkeit in einzelnen Fällen theilweise weifslich und undurchsichtig. Die feinen, aus der Sklerotica sich fortsetzenden Gefäfse enthalten blofs Serum, füllen sich aber bei Entzündungen mit Blut[1], und dienen zur Ernährung der cornea, so wie auch zur Absorbirung der in ihr verdickten Substanzen.

3. Die *braune Haut, Gefäfshaut, Aderhaut*, T. choroidea (auch chorioidea) vasculosa; choroide, liegt innerhalb des ganzen Umfanges der weifsen Haut, hängt mittelst eines bräunlichen Zellgewebes, lamina fusca, an der innern Fläche der weifsen Haut, und wird von den, durch die letztere durchgehenden Gefäfse und Nerven ausgespannt erhalten. Hinten hängt sie mit der innern Hülle des Sehnerven durch Zellgewebe zusammen. Sie besteht aus einem dichten Netze zarter Arterien und Venen, die durch Zellgewebe zu einer Haut verbunden sind[2]. Vorzüglich erscheint daher die innere Seite, und am auffallendsten am Strahlenkranze, aus kleinen sammetartigen Flocken zusammengewebt. Ruysch will gefunden haben, dafs sie aus zwei Lamellen bestehn und man nannte daher die innere nach ihm T. Ruyschiana[3], allein es ist dieses blofs ein aus den zahlreichen in einander ver-

1 J. G. Walter de venis oculi. p. 18.

2 Zinn de vasis subtilioribus oculi et cochlea auris internae. Gott. 1753.

3 Döllinger Nov. act. Nat. Cur. IX. Arth. Jacob in Phil. Tr. 1819. p. 300.

Digitized by Google

flochtenen Arterien- und Venen-Zweigen der Choroidea bestehendes Gefäfsnetz, welches gleichsam eine besondere feinere Schicht auf der inneren Gefäfshaut bildet, aber nicht wirklich getrennt werden kann, oder nur ein Niederschlag des schwarzen, durch Maceration abgesonderten Pigments [1].

Die innere Seite der Aderhaut ist mit einer schwarzen, schleimartigen Substanz, *pigmentum nigrum*, überzogen, welche sich leicht mit dem Finger oder einem Pinsel wegwischen läfst, als ein Absonderungsproduct der Gefäfshaut zu betrachten ist, und aus Kohle mit etwas Eisen besteht [2]. Sie dient dazu, die durch die Seitenwände entstehende Reflection des Lichtes zu hindern, fehlt aber bei den sogenannten Kakerlaken oder Albino's [3], ist bei den Mohren schwärzer als bei den Europäern, und wird im hohen Alter ins Bräunliche gebleicht. Es ist dieses ein wesentlicher Bestandtheil des Auges, welcher nicht blofs von der Choroidea abgesondert wird, sondern auch von den Ciliarfortsätzen und der Traubenhaut, auch rührt die braune Farbe der innern Seite der Sklerotica gleichfalls von derselben her [4]. Schon im Embryo findet sich dieses Pigment; fehlt aber für immer, wenn in jener frühesten Lebensperiode die Absonderung gehindert wurde. Im Fall eines gänzlichen Mangels derselben ist die Pupille dunkelroth, die Iris blafsroth, bei wenigem Pigment ist jene roth, diese violett, bei grofser Menge derselben, wie z. B. bei den Bewohnern südlicher Gegenden ist die Iris schwarz. In frühester Kindheit ist die Absonderung des Pigments reichlicher, und da die Sklerotica dann zuweilen vorn durchscheinend ist, so erhält sie hierdurch die bei Kindern vorzüglich merkliche schöne bläuliche Farbe. Bei einigen Säugethieren findet man auf dem Grunde der innern Fläche der Aderhaut eine lebhafter gefärbte und etwas metallisch glänzende Stelle, das *Tapetum choroideae*. Ein

1 Rudolphi Physiol. II. 174.

2 Elsaesser de pigmento oculi nigro. Tub. 1799. 8. Dissert. inaug. chemico-physiol. sistens indagationem chemicam pigmenti nigri oculorum cet. auct. L. Gmelin. Gott. 1812. 8. Schweigg. J. X. 507.

3 Blumenbach de oculis Leucaethiop. et motu iridis. Gott. 1786. 4.

4 Gmelin a. a. O.

Digitized by Google

ähnliches Plättchen soll sich auch im menschlichen Auge hinten an der Aderhaut, da wo sie das Loch für den Eintritt des Sehnerven umgiebt, durch das Mikroskop entdecken lassen. Bei den Nachtraubthieren ist das Tapetum weifslich, wahrscheinlich um den Lichteindruck zu verstärken.

Nach vorn geht die Choroidea nur bis zur Verbindung der Hornhaut mit der weifsen Haut, und ist hier durch zartes aber dichtes Zellgewebe, welches einen weifslichen dikken, ohngefähr eine Linie breiten Ring (orbiculus ciliaris, circulus ciliaris, plexus ciliaris Lieutaudii, ligamentum ciliare), das *Strahlenband* bildet, befestigt. Aus diesem entstehen die nach vorn sich erstreckenden 70 bis 90 *strahlenförmigen Fortsätze* (processus ciliares, plicae corp. cil., fibrae pallidae) welche zusammen den *Strahlenkörper, Strahlenkranz, Faltenkranz* (corpus ciliare, corona cil., tunica ciliaris, 9. 9; k. k) bilden[1], dessen Bestimmung wahrscheinlich ist, den Glaskörper, und dadurch mittelbar die Kapsel der Linse mit derselben zu befestigen, denn sonst würde diese sich frei in der Höhle des Augapfels bewegen. Zwischen dem Ciliarkörper und der weifsen Haut fand Fontana im Auge des Ochsen einen Canal (canalis ciliaris Fontanae) welcher aber nach Sömmering[2] im menschlichen Auge gar nicht vorhanden ist, sondern nur durch Zerreissung von Gefäfsen entsteht. Nach D. G. Kieser[3] befindet er sich nur in den gröfseren Thieraugen, z. B. der Ochsen und Pferde, und in den Augen der Vögel. Die processus ciliares bestehen blofs aus Gefäfsen, welche aus der Gefäfshaut kommen.

4. Die *Regenbogenhaut* (von ihrer Farbe so genannt), *Iris*, *Augenstern*, *Blendung*, g. g, deren hintere mit einem gleichen schwarzen Pigmente als die Aderhaut überzogene, braunschwarz gefärbte und glatte Seite auch *Traubenhaut*, uvea heifst, ist eine für sich bestehende runde und ebene Haut[4], mit einer kreisrunden Oeffnung, der sogenannten *Sehe* (pupilla, pupille, prunelle). Sie liegt zwischen der Hornhaut und der Krystalllinse, letz-

1 J. G. Zinn de ligamentis seu processibus cil. Gott. 1753. 4.
2 De ocul. sect. p. 54. Rudolphi Phys. II. 173. 196.
3 Diss. de anamorphosi oculi. Gott. 1804. p. 68.
4 Petit Mém. de l'Ac. 1723. p. 38. 1727. p. 206.

Digitized by Google

terer näher als der ersteren. Ihr äufserer Rand, beträchtlich dicker als der die Pupille begrenzende, ist in eine Furche des Ciliarkörpers eingefalzt, und durch Zellgewebe und Gefäfse damit verbunden, läfst sich aber von derselben durch blofses Anziehen, ohne zu zerreifsen, trennen. Sie erscheint im Leben als aus Streifen bestehend, welche strahlenartig vom äufsern Rande nach der Pupille laufen, geschlängelt, wenn diese erweitert, gerade, wenn sie verengert ist. Am äufsern Rande derselben nimmt man eine etwas geschlängelte, aus mehreren zusammenhängenden Bögen gebildete kreisförmige Linie wahr, *circulus major*; von welchem aus die Strahlen nach der Pupille zu laufen, zum Theil sich gabelförmig theilen, mit den benachbarten zu kleinen Bögen verbinden, aus denen der *circulus minor* entsteht, und dann wird der Theil zwischen diesen beiden der gröfsere Ring, *annulus major*, der zwischen dem kleineren Kreise und der Pupille der kleinere Ring, *annulus minor* genannt.

Die Iris besteht vorzüglich aus Blutgefäfsen und Nerven, durch zartes Zellgewebe verbunden. Ihre Arterien sind die Fortsetzungen der langen Ciliararterien der Augenschlagader u. 16, und erscheinen schlangenförmig strahlig [1], wahrscheinlich aber besitzt sie auch Saugadern, durch welche die wässerige Feuchtigkeit wieder aufgesogen werden kann. Ihre zahlreichen Nerven entspringen aus einem besondern Nervenknoten, dem Augennervenknoten.

Ob aufser den Gefäfsen und Nerven in der Iris noch besondere Fasern existiren, welche für *Muskelfasern* zu halten wären, darüber ist viel und lange unter den Anatomen gestritten. Unter mehreren andern sind sie in den Augen verschiedener Thiere gesucht und auch wirklich als kreisförmige, nur nicht als strahlenförmige Fasern aufgefunden durch F. Tiedemann und Muck [2]; nach Maunoir [3] dagegen

1 Sömmerring Abbild. p. 83. Tab. 6. Fig. 1.

2 Ferd. Muck diss. de Ganglio ophthalmico nervisque cil. anim. Landsh. 1815. 4.

3 Mém. sur l'organisation de l'Iris cet. Par. et Genève 1812. Vergl. Bibl. Brit. XLVIII. 218. 399. Treviranus verm. Schr. III. 166. welcher sie in der Iris der Vögel fand.

Digitized by Google

sollen sie aus ringförmigen und strahlenförmigen Fasern bestehen. Für das Daseyn der Nerven in der Iris spricht sehr die Reizbarkeit derselben, indem sie sich bewegt, wenn man an frisch getödteten Thieren die Drähte einer Volta'schen Säule mit ihr in Berührung bringt, oder wenn sie mechanisch gereizt wird. Haller [1] beobachtete sogar, dafs die sehr erweiterte Pupille einer ersäuften Katze durch den Einfluss der Ofenwärme sich beträchtlich wieder zusammenzog; Rudolphi [2] aber behauptet sie nie gefunden zu haben. Nach Ev. Home [3] ist die Iris in zwei Schichten theilbar, wovon die hintere muskulös seyn soll, indem die Muskeln gegen die Pupille strahlen, wo sich ein regelmäfsiger Schliefsmuskel befindet, die vordere aber häutig, aus einem Netze von Gefäfsen bestehend. Die vielen andern Meinungen über den Bau und die Bestandtheile der Iris können hier nicht erwähnt werden.

Die *Farbe der Iris* ist verschieden, im Allgemeinen bei den nördlicher wohnenden Völkern heller bei hellerer Farbe der Haare und weifserer Haut, bei den südlichern dunkler, in der Jugend dunkler als in späteren Jahren und in einigen Fällen bei beiden Augen verschieden. Das färbende Pigment wird aus den Gefäfsen der Iris abgesondert, fehlt bei den Kakerlaken, verändert sich mit zunehmenden Jahren mit der Farbe der Haare [4], und auch in Krankheiten. Die röthliche, halbdurchsichtige Iris der Kakerlaken ist sehr reizbar, weswegen diese das Licht fliehen.

Mit der Iris in unmittelbarer Verbindung steht das *ganglion ophthalmicum* und die *nervi ciliares*. Dieses, auch *ganglion ciliare*, *lenticulare*, *Ciliarknoten*, *Augenknoten*, *linsenförmiger Knoten* genannt, liegt beim Menschen an der äufsern Seite der Sehnerven dicht unter der Augenarterie, wo sie sich über den Sehnerven beugt, bedeckt von dem äussern geraden Augenmuskel. Es ist von röthlich grauer

1 Elementa Physiologiae corp. hum. 8. Vol. Laus. 1757. Bern 1766. 4. V. 378.

2 Physiol. II. 197.

3 Phil. Trans. 1822. I. 78.

4 J. C. Sybel diss. de quibusdam formae et mat. oculi aberrationibus e statu nat. Halae 1799.

Digitized by Google

Farbe, und hat die Gestalt eines etwas verschobenen Vierecks mit abgerundeten Ecken, ist aber zuweilen auch linsenförmig oder halbmondförmig. Der Ciliarknoten erhält aus dem Nasenast des ersten Astes des fünften Nervenpaares einen dünnen Faden, welcher seine lange Wurzel genannt wird, die stärkere kürzere Wurzel erhält er vom dritten Nervenpaare. Bock [1] fand eine dreifache Verbindung des ganglion ophthalmicum mit dem nervus sympathicus, woraus sich der Einfluss erklären läfst, welchen die, der Willkühr nicht unterworfenen, Organe auf das Sehorgan, hauptsächlich die Iris haben, indem die Bewegungen der letzteren mit Leiden des Unterleibes in Beziehung stehen. Aus dem vorderen Rande des Augenknotens treten die Ciliarnerven, gewöhnlich in zwei Bündeln, hervor, einem oberen und einem unteren, zu denen zuweilen noch ein drittes mittleres hinzukommt. Sie laufen geschlängelt als zarte dünne Fäden mit der Ciliararterie an dem Sehnerven hin, und erreichen so die weifse Haut des Auges, durchbohren in 10, 12 oder 16 Aestchen getheilt die weifse Haut im Umfange des Sehnerven in schräger Richtung, und laufen zwischen dieser und der Gefäfshaut gegen den Ciliarkörper. Bevor sie diesen erreichen, spaltet sich jedes in zwei Zweige, und jeder von diesen wieder in mehrere, welche dann in Begleitung kleiner Ciliargefäfse zur Iris gelangen, und dort als weifse Fädchen sich strahlenförmig gegen den Pupillarrand der Iris verbreiten. Am innern Rande der Iris werden sie zuletzt büschelförmig. Im Allgemeinen haben diejenigen Thiere, deren Iris sehr beweglich, und für den Lichtreiz vorzüglich empfindlich ist, das gröfste Ganglion. Aus diesen, der Iris eigenen, Nerven erklärt es sich, dafs sie in mehreren Fällen bei völligem grauen und schwarzen Staare noch beweglich bleibt, übrigens aber, wie alle diejenigen Theile, deren Nerven aus dem gangliösen Systeme kommen, (z. B. das Herz) keiner willkührlichen Bewegung fähig ist, aber durch allgemeine Nervenaffectionen, als Zorn, Furcht, Schrecken u. a. be-

1 Beschreibung des fünften Nervenpaares und seiner Verb. mit andern Nerven, vorzüglich dem Ganglionsysteme. Meifsen 1817. p. 13. 67.

wegt wird. Indefs ist die Pupille einiger Thiere nach der Entdeckung von Monro und Porterfield [1] und den Beobachtungen von Fontana [2] u. a. [3] allerdings beweglich, wie dieses namentlich bei den Papageien, Nachteulen und andern Vögeln keinem Zweifel unterliegen soll [4]. Roose nimmt die willkührliche Beweglichkeit der Iris als Ausnahme bei einigen Menschen an, und will sie bei dem Dr. Kühne oft beobachtet haben [5], Purkinje [6] aber versichert, die Fertigkeit zu besitzen, ins Leere sehend seine Pupille willkührlich verändern zu können. Indefs bestreitet Treviranus [7] nicht blofs dieses, sondern auch die willkührliche Bewegung bei den Vögeln, indem er jene Erscheinung davon ableitet, dafs Purkinje sich Gegenstände in verschiedenen Entfernungen denke, und gleichsam fixire, wonach sich die Pupille dann einrichte, diese aber auf den Wechsel der Furcht, des Schreckens u. s. w. zurückführt [8].

Die Pupille zieht sich durch den Reiz des Lichtes zusammen, erweitert sich dagegen im Dunkeln. Beides, hauptsächlich aber das Erweitern, erfolgt beim Anfange der Amaurose, bei Apoplexieen, Krämpfen, plötzlichen Gemüthsbewegungen, krankhaften Hirnaffectionen, durch den Gebrauch des Opiums, der Belladonna [9] u. dgl. m. Ueber die Aetiologie dieser Zusammenziehung, insbesondere durch den Lichtreiz, herrschen unter den Anatomen verschiedene Meinungen, obgleich es als entschieden angesehen wird, dafs der Eindruck

---

1 Essays. II. 147.

2 Dei modi dell' Iride. 1765. 8.

3 Harles und Ritter Neues Journ. d. ausländ. medic. chirurg. Lit. 1806. IV. 2.

4 Blumenbach de oc. Leucaeth. p. 24. Kieser in Himly's ophthalm. Bibl. II. St. 3. p. 95.

5 Grundzüge d. Lehre von d. Lebenskraft, von T. G. A. Roose. 2te Aufl. Gött. 1800. 8. p. 105.

6 Beiträge zur Kenntnifs des Sehens in subjectiver Hinsicht. Prag 1819. p. 123.

7 Biologie oder Philosophie der lebenden Natur. Bd. VI. p. 473. Gött. 1822.

8 Die rein physiologische Streitfrage selbst kann hier nicht entschieden werden.

9 Himly Ophthalm. Beob.- Bremen 1801. 8. p. 1.

Digitized by Google

des Lichtes auf die Iris selbst den Inpuls hierzu nicht giebt. Fontana nämlich liefs Lichtstrahlen durch einen papiernen Kegel auf die Iris eines Thieres fallen, und fand sie im mindesten nicht bewegt, und Lambert [1] liefs vor dem Spiegel durch ein Linsenglas das Bild der Lichtflamme auf die Iris des einen Auges fallen, wodurch sich die Pupille nicht verengerte, welches aber augenblicklich erfolgte, als das Licht die Pupille selbst traf. Weller [2] zieht die Richtigkeit des hierauf gebaueten Schlusses in Zweifel, weil die Pupille sich in Augen mit verdunkelter Linse und selbst in ganz blinden noch durch den Lichtreiz verengert. Weil diese Erscheinung aber nur ausnahmsweise statt findet, und aus der Affection anderweitiger, auf die Bewegungen der Iris wirkender Nerven zu erklären ist, so nimmt man im Allgemeinen an, dafs der Eindruck des Lichtes auf die Retina die Verengerung der Pupille bewirke, womit ihre, übrigens der Regel nach stattfindende, Unveränderlichkeit bei gänzlicher Unthätigkeit der Retina im Einklange steht.

Hinsichtlich auf die individuelle Art dieser Wirkung glaubt Hartley [3], die Nerven der Retina erstreckten sich bis an die Iris, und bewirkten ihre Veränderungen. Nach der gewöhnlichen Meinung, wozu sich auch Rudolphi [4] bekennt, wird durch den Lichtreiz auf den Sehnerv das Seelenorgan erregt, und dieses bewirkt durch die Ciliarnerven die Verengerung der Pupille so, wie man bei zu vielem Lichte die Augenlieder schliefst, oder die Hand zum Schutze erhebt. Gegen diese Ansicht entscheidet aber wohl der Umstand, dafs letztere Bewegungen, wie alle vom Seelenorgane durch Nerven und Muskeln erregte, willkührlich sind, erstere aber unwillkührlich ist, auch wäre hiernach nicht leicht begreiflich, warum bei unbedeutenden Nervenaffectionen die Iris sich so leicht verändert, ohne dafs die Menschen sich dessen bewufst sind. Die Bewegungen der Iris nach dem Tode durch die Volta'schs Elektricität können nichts für

1 Photometrie p. 371.
2 Diätetik für gesunde und schwache Augen. Berl. 1821. 8. p. 6.
3 Observations on Man. I. 219.
4 Physiol. II. 219.

Digitized by Google

diese Theorie beweisen; denn durch dieses Mittel werden alle Nerven gereizt und alle Muskeln bewegt. Treviranus [1] führt indefs, in Uebereinstimmung mit Weller gegen diese Meinung an, dafs die Beweglichkeit der Iris selbst bei vollkommen ausgebildetem schwarzen Staare zuweilen noch fortdauere [2], und da man sie auch beim grauen Staare in einigen Fällen beobachtet hat, so läfst er die Verengerung der Pupille durch die, in der hinteren Augenkammer liegenden, vom schwarzen Pigmente entblöfsten, Ciliarfortsätze bewirkt werden, ohne mit Troxler [3] dem hinter der Choroidea neben dem Sehnerv liegenden Ciliarnerv ein Einfluſs einzuräumen [4].

Fast eben so verschieden sind die Meinungen über die eigentlichen Mittel dieser Bewegungen der Iris. Weitbrecht [5], Mery [6], Morgagni, Zinn und v. Haller [7], welche die Anwesenheit der, allerdings schwer zu findenden, Muskeln in derselben leugnen, leiten die Ausdehnung derselben aus einem Zuströmen der Säfte in ihre Gefäfse ab, welche sich dadurch verlängern sollen. Auch Fontana [8] hält den zusammengezogenen Zustand für den natürlichen, und läfst die Ausdehnung (Verengerung der Pupille) durch das Zuströmen der Säfte erfolgen. Andere Physiologen dagegen, als Rau, Ruysch, Heister, Winslow, Monro [9] Porterfield und Home [10] lassen die Bewegungen durch Muskelfibern bewirkt werden. Meckel [11] hält ihre Ausdehnung für den Zustand der Thätigkeit, die Zusammenziehung für

1 Biol. VI. 476.

2 Richter chirurg. Bibl. IV. 63. Himly ophthalm. Beob. I. 101.

3 Himly und Schmidt ophthalm. Bibl. I. St. 2. p. 44.

4 Diese unter den Physiologen noch streitige Frage kann hier nicht mit Gewifsheit entschieden werden. Ausführlicher und mit Angabe der weitläuftigen Literatur findet man die Sache erörtert in den angezeigten Quellen.

5 Comm. Petrop. XIII. 349.

6 Hist. de l'Acad. 1704. 261.

7 Physiol. V. 378.

8 Dei Moti dell' Iride. Lucca 1765. 8.

9 Treatise on the Brain, the Eye and the ear. Edinb. 1797.

10 Phil. Trans. 1822. I. 78.

11 Handbuch der Anat. IV. 84.

Digitized by Google

den der Erschlaffung [1]. Hierfür sprechen allerdings die Zusammenziehung der Iris bei wenigem Lichte, im Tode und im Winterschlafe der Thiere [2]. Andere Beobachter haben indefs die entgegengesetzte Erscheinung wahrgenommen; z. B. Hesselbach und Dömling [3], desgleichen Fontana [4], welcher bei einem schlafenden Kinde und einer schlafenden Katze die Iris ausgedehnt fand. Rudolphi [5] meint wohl am richtigsten, dafs beide Zustände eine Thätigkeit erfordern, wie denn die Papageyen die Iris willkührlich bewegen. Zur Erklärung des Ganzen nimmt er an, dafs die beiden Schliefsmuskeln der Iris, der innere und äufsere, antagonistisch wirken, indem beim Schliefsen des äufsern eine Erweiterung, des inneren eine Verengerung der Pupille erfolge. Ersterer, an Substanz überwiegend, wird den letzteren nach sich ziehen, und daher wird in der Regel Erweiterung in der Amaurose, im Schlafe und im Tode beobachtet werden. Aber auch das Gegentheil kann statt finden, und daher zeigen sich bei krankhaften oder durch narkotische Substanzen erregten Reizen beide Zustände, welcher Meinung im Ganzen auch Treviranus [6] ist, mit dem Zusatze, dafs zur vollständigen Begründung noch der Beweis von der Anwesenheit der hierzu erforderlichen Muskeln fehlt, welche man nur mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen berechtigt ist.

Die *Pupille* befindet sich fast in der Mitte der Iris, etwa $\frac{1}{6}$tel weiter nach der Nase hin, ist in der Regel rund, und nach verschiedenen bedingenden Ursachen verschieden weit. Von der kreisrunden abweichende Formen sind Folgen ursprünglicher Mifsbildung oder krankhafter Zustände. Hierhin gehören namentlich die Fälle einer doppelten Pupille, wodurch zugleich das Doppeltsehen der Gegenstände bewirkt wird, und der von Richter beobachtete Fall, dafs nach einem Sturze mit dem Pferde die eigentliche Pupille

1 Vergl. Dömling in Reils Archiv V. 535.
2 Tiedemann in Meckels Archiv I. 485.
3 Reils Archiv V. 352.
4 Dei moti dell' Iride. p. 22 u. 25.
5 Phys. II. 217.
6 Biol. VI. 484.

Digitized by Google

verschwand, statt dieser aber oben ein Riſs entstand, durch welchen von nahen Gegenständen nur die unteren Theile gesehen wurden [1].

5. Die *Nervenhaut*, *Netzhaut*, *Markhaut* (retina, retine) e, e; 4, 4 ist eine unmittelbare Fortsetzung und Ausbreitung des Sehnervs. Die Sehnerven, welche unter den Hirnnerven die dicksten sind, entspringen an der äuſsern und oberen Fläche des Sehhügels, oder des grossen unteren Hirn-Ganglions und an den Stirnhügeln. Im Hinabsteigen krümmen sie sich um die Schenkel des groſsen Gehirns, erhalten einige Nervenfasern aus demselben, vereinigen sich dann unter einem stumpfen Winkel, und bilden hinter der sella turcica, 23 und vor der Oeffnung, 6 welche zu den Ventrikeln im Kopfe gehört, die *Kreuzungs-Stelle* (Chiasma nervor. optic.) 18, nehmen hier noch Markfasern vom Boden der dritten Hirnhöhle auf, so daſs man ihren Ursprung auch von dieser herleiten kann, und treten dann auseinanderweichend durch eigene Oeffnungen in die Augenhöhlen. Die Meinungen über die *Kreuzung* (decussatio nervorum opt.) sind verschieden, indem die Nerven nach einigen Anatomen bloſs nebeneinander liegen, nach andern aber sich ganz oder mindestens theilweise wirklich durchkreuzen sollen. Für die wirkliche Kreuzung wird die unverkennbare Existenz derselben bei einigen Thieren angeführt, desgleichen daſs bei partieller Blindheit und hiermit verbundenem Aufhören der Ernährung das Schwinden der Nerven in den meisten oder mindestens in vielen Fällen sich vom linken Auge nach der rechten Seite hinzieht, und umgekehrt [2]. Aufserdem läſst sich dafür noch eine Analogie anführen, indem Apoplexieen an der rechten Seite des Gehirns eine Lähmung der linken Seite des Körpers nach sich ziehen, und umgekehrt [3]. Dessenungeachtet soll es nach dem Ausspruche bedeutender Anatomen gleich-

1 Richter chirurg. Bibl. II. 132.

2 Treviranus vermischte Schriften III. 167. Die von mir selbst beobachteten, freilich verhältnisſmäſsig wenigen, Präparate entschieden sämmtlich für eine vollständige Durchkreuzung.

3 Trevianus Biol. VI. 114.

Digitized by Google

viele Fälle geben, welche gegen eine wirkliche Durchkreuzung entscheiden, und man mufs daher entweder eine nur partielle Kreuzung annehmen, oder bei den verschiedenen Individuen einen Uebergang von einer völligen Durchkreuzung bis zu einem vollständigen Nebeneinanderliegen [1]. Nuerdings stellte Wollaston [2] die Hypothese von einer Halbdurchkreuzung (semidecussation) auf. Er fand nämlich bei sich und andern eine durch Nervenaffection eintretende partielle Blindheit, indem er mit beiden Augen die rechte Seite der Objecte nicht wahrnahm. Diesemnach ist er der Meinung, dafs die in beiden Augen die rechte Seite der Retina bildenden Nerven von dem nämlichen Stamme ausgehen, und eben so bei der linken, woraus ihm zugleich das Einfachsehen der Gegenstände erklärlich wird. Hiergegen streitet indefs, dafs Menschen nach der Verletzung oder dem Schwinden des einen Nervenastes nicht halbsehend waren.

Von ihrem Ursprunge an bis zu dieser Kreuzung sind die Nerven so weich, wie die Marksubstanz, aus welcher sie entsprangen, weiterhin werden sie etwas fester, haben auch bis an diese Stelle keine Bekleidung von der pia mater. Von ihrer Vereinigung an aber bildet diese Membrane Canäle, welche mit Marksubstanz angefüllt sind, sich bis zur Retina fortpflanzen, und deren vasculäre Lamellen bilden. Wenn sie durch die foramina optica a gehen, wobei sie zugleich von oben nach unten etwas plattgedrückt werden, so bekommen sie noch eine Bekleidung, indem die dura mater sich hier in zwei Lamellen theilt, deren eine die innere Fläche der orbita bekleidet, die andre aber als fibröser Ueberzug den Nerven bis zur Sklerotica begleitet [3], wenn dieser zwischen den geraden Augenmuskeln zum Augapfel fortläuft. Dieser Theil des Nerven b c ; 5 ist deutlich aus Röhren zusammengesetzt, wird dicht vor dem Eintritt in die weifse Haut fast um die Hälfte seiner Ausdehnung dünner,

1 J. F. Meckel Handb. d. menschl. Anatomie. Halle 1817. 4 Bde. 8. III. 745. Rudolphi Phys. II. 199, wo die wichtigsten Schriften über diesen Gegenstand angegeben sind.

2 Ann. of Phil. 1824. April p. 305.

3 Wardrop. II. cap. 41.

Digitized by Google

tritt nicht in der Mitte des Augapfels, sondern bedeutend nach der Nase hin, durch die *Siebplatte* (lamina cribrosa) 8, in der harten Haut, und durch ihre Löcher, deren man gegen dreifsig zählt, dann durch die Gefäfshaut in das Auge, an welcher Stelle zugleich die arteria centralis retinae, 20 in der Figur sichtbar ist, und breitet sich dann an der inneren Seite der Choroidea in Gestalt einer weifsen Markhaut aus, welche den Glaskörper einschliefst, und durch Blutgefäfse mit ihm verbunden ist. Die äufsere Fläche dieser Markhaut liegt an der innern, von schwarzem Pigmente überzogenen Fläche der Aderhaut an, ohne jedoch durch Gefäfse damit verbunden zu seyn. Nach vorn endigt sie sich an der *zonula Zinnii*, und ist an derselben befestigt, so dafs sie dadurch ausgespannt erhalten wird, und zusammenschrumpft, wenn man sie davon trennt, sie ist weifs, halbdurchsichtig, weich, leicht zerreifsbar, läfst sich nicht bei Menschen, wohl aber bei manchen Thieren in zwei Blätter theilen, wird mit dem zunehmenden Alter undurchsichtiger, und daher kommt es, dafs wegen der hinter ihr liegenden, mit schwarzem Pigment überzogenen Aderhaut das Innere des Auges bei Kindern schwarz, bei Erwachsenen grau und im hohen Alter fast weifs aussieht. Nach Home [1] ist die Nervenhaut im frischen, lebenden Zustande ganz durchsichtig, wird aber nach dem Tode durch Gerinnung undurchsichtig und weifs.

Neben der Stelle, wo der Nerv in den Augapfel eintritt, erblickt man gerade in der Axe des Auges ein kleines Loch, welches Sömmering [2] entdeckt, und *Centralloch der Nervenhaut* genannt hat, um dieses Loch aber einen gelblichen Ring (macula lutea), welcher im gröfseren Durchmesser 1,5 bis 2 L., im kleineren nur 1 Lin. hält. Beider Zweck und Bestimmung hat man nicht erforschen können. Indefs ist die Existenz dieses Loches von späteren Anatomen überhaupt sehr zweifelhaft gemacht. E. Home [3] will gefunden haben, dafs sich an dieser Stelle die gläserne Feuchtigkeit

1 Phil. Trans. 1821. I. 25.

2 Comment. Gott. T. XIII. Jahrg. 1799. Ev. Home in Phil. Trans. 1798. N. 12.

3 Phil. Trans. 1798. LXXXVIII. p. 332. G. II. 245.

Digitized by Google

etwas stärker anhänge, und die zarte Nervenhaut mit wegnehme, welches mit Rudolphi's [1] Ansicht übereinstimmt, indem dieser aus triftigen Gründen glaubt, dafs die Oeffnung beim Zergliedern durch Zerreifsen entstehe, weil hier die Markhaut ausnehmend zart ist. Die Färbung des Flecks ist bei Kindern heller, wird dann dunkler, aber im höheren Alter wahrscheinlich wieder heller.

Mitten durch den Nerv läuft die Central-Arterie desselben, breitet sich in zahlreichen Blutgefäfsen über die innere Fläche der Nervenhaut aus, und sendet eine Menge Gefäfse in den Glaskörper. Ob an der äufsern Seite der Netzhaut, zwischen dieser und der Aderhaut noch eine feine Haut existire, wie Jacob [2] gefunden haben will, müssen künftige Untersuchungen entscheiden.

Nach Bauer [3] ist der Sehnerv aus vielen Bündeln äufserst feiner Fibern zssammengesetzt, welche aus kleinen Kügelchen gebildet seyn sollen. Letztere sind nach ihm durch eine gelatinöse, im Wasser leicht lösliche Substanz verbunden, und ihr Durchmesser wird zu $\frac{1}{2800}$ bis $\frac{1}{4000}$stel engl. Z. angegeben. Auch die Retina, eine Fortsetzung dieser Bündel, besteht aus Kügelchen zu Fasern verbunden, welche vom Ende des Sehnervs aus sich strahlig ausbreiten, gegen den Umfang hin verschwinden, und sich in eine feine Haut endigen. Sie ist gleichfalls mit zahllosen Arterien und Venen durchwebt.

6. An der vordern Fläche des Glaskörpers befindet sich ein zartes, schwarz gefärbtes Häutchen, welches ringförmig die in ihre Kapsel eingeschlossene Krystalllinse umgiebt, und *Ciliarkranz*, *Strahlenplättchen*, *Zinnischer Gürtel*, (lamina ciliaris, zonula Zinnii) genannt wird [4]. Es ist dieses eine eigene, für sich bestehende Haut [5], welche in die Nervenhaut eingesetzt ist, und diese ausgebreitet erhält. Sie ist mit ihrer inneren Fläche locker

1 Schriften der Berl. Acad. 1816 u. 17. p. 135 Physiol. II. 176.
2 Annals of philos. 1818 N. 67 p. 74. Phil. Trans. 1819. II. 300.
3 Phil. Trans. 1821. I. 25.
4 Beer Ansicht der staphylomatischen Metamorphose. Wien 1805.
5 Rudolphi Diss. de oculi quibusdam partibus. Gryphisw. 1801. 4. Anatom. physiol. Abh. p. 20.

Digitized by Google

an die Glashaut befestigt, vorn befindet sich jedoch zwischen ihr und der Linsenkapsel der von Petit[1] zuerst entdeckte, und nach ihm benannte kreisförmige Canal, hinter welchem der Rand des Ringes an der Linsenkapsel befestigt ist. Seine äufsere Fläche zeigt schwache, strahlenförmige Vertiefungen, in welche die Ciliarfortsätze befestigt sind. Die wichtige Bestimmung dieses Ringes ist, die Nervenhaut ausgebreitet zu erhalten, den Glaskörper mit der Linsenkapsel und die Ciliarfortsätze zu befestigen, und in ihrer gehörigen Lage zu erhalten.

Aufser diesen Theilen gehören wesentlich zum Auge noch drei verschiedene Flüssigkeiten, die *wässerige Feuchtigkeit*, die *Krystalllinse* und der *Glaskörper*. Die erstere 10; h befindet sich zwischen der Hornhaut vor und hinter der Iris bis an die Linse; die Krystalllinse 11; i liegt hinter der wässerigen Feuchtigkeit im vorderen und mittleren Theile des Auges; der Glaskörper 12; m nimmt den gröfsten, hinteren Theil des Augapfels ein. Nimmt man die Axe des Auges als Einheit an, so kommen hiervon beim Menschen auf die wässerige Flüssigkeit $\frac{3}{22}$, auf die Krystalllinse $\frac{6}{22}$ und auf den Glaskörper $\frac{15}{22}$. Anders ist dieses Verhältnifs bei verschiedenen Thieren[2].

1. Die *wässerige Feuchtigkeit* (humor aqueus, humeur aqueuse) ist eine wasserhelle, farben- und geruchlose, durch die Iris in zwei ungleiche, im Verhältnifs von 2 : 1 stehende Abtheilungen getheilte Flüssigkeit, deren spec. Gew. nach Chenevix[3] = 1,0053, und deren Menge beim erwachsenen Menschen 6 bis 7 Tropfen betragen soll. Sie besteht aus Wasser 98,10, milchsauern[4] und salzsauern Alkalien 1,15, Natron mit speichelstoffartiger Materie 0,75 und einer Spur Eiweifsstoff[5]. Sie liegt wahrscheinlich völlig eingeschlossen in einer höchst zarten Haut (Tunica hyaloidea), welche

1 Mém. de l'Acad. 1726. p. 80.

2 Cuvier Anatomie comparée deutsch. Ueb. II. 354.

3 Phil. Trans. 1803. p. 198. Phil. Mag. XVI. 256. Gehlen N. J. III. 394.

4 Nach neueren Untersuchungen ist die Milchsäure keine eigenthümliche Säure, sondern eine wenig verunreinigte Essigsäure.

5 L. Gmelin Chemie II. 1628.

Digitized by Google

zuerst von Duddell [1] unbestimmt erwähnt, nachher von Descemet [2] und Demours [3] deutlich beschrieben, neuerdings wieder von Sawry [4] gefunden wurde, und nach der Ansicht des letzteren die innere Fläche der Hornhaut bekleidet, dann sich über die vordere Fläche der Iris durch die Pupille und an deren hinteren Fläche hinzieht, endlich über die vordere Fläche der Linsenkapsel hinläuft, und so sich schliefst, welche Ansicht auch Wrisberg vertheidigt [5]. Sie ist vollkommen durchsichtig und sehr elastisch, und behält diese Eigenschaften sowohl im warmen Wasser, als auch im Alkohol, gehört zu den serösen Häuten, und dient nach einigen zur Absonderung des humor aqueus [6], weswegen sie membrana humoris aquei genannt ist, obwohl sie nach andern [7] hiermit in keiner Beziehung steht.

Die wässerige Feuchtigkeit ist in der Jugend am klarsten, trübt sich mehr im Alter, wird zuweilen, wahrscheinlich durch Entzündung der Demourchen Haut und der Iris zu reichlich abgesondert, erzeugt dann ein Gefühl von Spannung, die Hornhaut trübt sich, und wird stark hervorgetrieben. Im Gegentheil findet aber auch zu reichliche Absorption statt, welche beide Zustände auf die Veränderung der Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit Einfluss haben.

2. Die *Krystalllinse* (lens crystallina) ist die consistenteste Feuchtigkeit im Auge, liegt in einem zarten durchsichtigen Häutchen, der Linsenkapsel, (capsula lentis) [8] und diese ist in eine Vertiefung der vorderen Fläche des Glaskörpers befestigt. Sie ist biconvex, mit stärkerer Krümmung der

---

1 Treatise of the diseases of the horny coat in the eyes. Lond. 1729. 8.

2 Mém. presentés V. 1768.

3 Lettre à M. Petit. Par. 1767.

4 An account of a newly discovered membrane in the human eye. Lond. 1807. 4.

5 Primae Lin. phys. Hall. ed. Wrisb. 1780. Obs. 142.

6 Wardrop essay's on the morbid anatomy of the human eye. Lond. 1818. II. 97.

7 Meckel Handb. d. Anat. IV. 76.

8 Petit. Mém. de l'Acad. 1730. p. 435.

Digitized by Google

hinteren als der vorderen Fläche, obgleich Petit [1] in einzelnen Fällen auch das Gegentheil, und sogar bei denselben Menschen zuweilen beide Linsen verschieden gekrümmt gefunden haben will, und verflacht sich mehr bei zunehmendem Alter. Völlig durchsichtig und farbenlos ist sie gleichfalls nur in der Jugend, im hohen Alter dagegen wird sie allmälig von der Mitte aus gelblicher [2]. Ihr spec. Gew. ist nach Wintringham [3] = 1,1060, des Kerns aber = 1,1480; nach Robinson [4] = 1,1083 nach Monro [5] = 1,114; nach Chenevix [6] = 1,0791, und zugleich nimmt ihre Dichtigkeit vom Centrum an nach Aufsen ab. In Weingeist, Mineralsäuren und durch Kochen verdickt sie sich, und läfst sich dann in viele Schichten und Blätter theilen, welche gegen die Mitte nach dem Kern hin an Festigkeit zunehmen, ohne dafs hieraus jedoch ihr lamellenförmiger Bau im lebenden Zustande nach Sömmering [7], Berzelius, Rudolphi [8] u. a. [9] folgt, nach Reil [10], Petit [11], und Meckel [12] aber ihr wesentlich eigen ist. Diese Blätter bestehen wieder aus strahligen Fasern, welche von der Axe auslaufen. Nach Berzelius [13] besteht sie aus Wasser 58,0; eigenthümlicher Materie 35,9; salzsauern, milchsauern [14] Salzen und thierischer Materie in Alkohol löslich 2,4; thierischer Materie in Wasser lös-

1 Mém. de l'Acad. 1726. 81.

2 Petit in Mém. de l'Ac. 1726. p. 81. 1730. p. 18.

3 Haller El. Phys. V. 401.

4 Ebend.

5 Treatise on the Brain, the Eye and the ear. Edinb. 1797.

6 Phil. Trans. 1803. p. 198. Phil. Mag. XVI. 256.

7 Abbildung. p. 80.

8 Physiol. II. 183.

9 Dissert. sistens systematis lentis cryst. monographiam, cet. Auct. B. F. Baerens. Tub. 1819. 4.

10 Reil, resp. S. G. Sattig. Lentis cryst. structura fibrosa. Hal. 1794. 8. Gren J. VIII. 325.

11 Mém. de l'Acad. 1730. p. 18.

12 Handb. d. Anat. IV. 101.

13 Ueber d. Zusammensetzung der thier. Flüssigkeiten. Uebers. von Schweigger. Nürnb. 1814. p. 57.

14 Eigentlich essigsauer. S. 545. Anmerk. 4.

Digitized by Google

lich mit einigen phosphorsauern Salzen 1,3; zurückbleibendem unauflöslichem Zellgewebe 2,4. Die eigenthümliche Materie gerinnt beim Kochen, und hat alle chemischen Eigenschaften der färbenden Substanz des Blutes, ausgenommen die Farbe, den Einfluſs der Linsen von Fischen und vierfüſsigen Thieren auf polarisirtes Licht hat Brewster untersucht [1].

Zwischen der Linse und ihrer Kapsel, welche vorn dikker als hinten ist, befindet sich eine kleine Quantität einer eigenen wässerigen und durchsichtigen Flüssigkeit, durch Morgagni [2] entdeckt, und nach ihm *liquor Morgagnii* genannt. Sie bespült die Krystalllinse, oder diese schwimmt vielmehr in ihr, und wird von den, an der hinteren Fläche der Kapsel verbreiteten Gefäſsen, welche Zweige der arteria centralis retinae sind, abgesondert. Wahrscheinlich steht sie mit der Ernährung der Krystalllinse in einer nahen Beziehung, weil man keinen organischen oder Gefäſs-Zusammenhang zwischen der Linse und ihrer Kapsel wahrnimmt. Indeſs könnten auch nach der Meinung von Zinn und Beer zarte, bloſs Blutwasser führende, Gefäſse von der hinteren Wand der Kapsel in die Linse laufen. Ob die Krystalllinse ihr eigenes Gefäſssystem habe, durch welches sie aus der Morgagnischen Flüssigkeit ernährt werde [3], ist noch nicht genügend erwiesen, und manche glauben daher, daſs sie sich durch sich selbst aus der von den Gefäſsen und Häuten der Kapsel ausgeschwitzten Feuchtigkeit ernähre [4], wie sie denn auch nach Chassot [5] bald nach dem Tode in Wasser gelegt anfangs weniger, dann mehr von demselben einsaugen soll. Endlich soll die Krystalllinse in sehr seltenen Fällen fehlen, und in noch seltenern doppelt gefunden seyn [6].

---

1 Phil. Trans. 1816. 311.

2 Aversar. Anat. VI. 71 Epist. anat. 17 §. 32. Petit. Mém. de Par. 1730. p. 443.

3 Walter Abhandl. aus d. Gebiete d. pract. Med. I. 17. Gregorini in Rust's Archiv. V. 298.

4 Meckel Deutsch. Archiv. I. 72.

5 Ann. de Chim. X. 354.

6 Wardrop. a. a. O. II

Digitized by Google

3) Die *Glasfeuchtigkeit*, der Glaskörper, (humor vitreus, corpus vitreum, humeur vitrée) nimmt den gröfsten Theil des Auges, den mittleren und hinteren ein, und ist in eine eigene zarte und durchsichtige Haut, die *Glashaut* (tunica vitrea, hyaloidea) eingeschlossen. Die letztere bildet viele Zellen, worin die Feuchtigkeit enthalten ist. Zweige der arteria centralis retinae treten von hinten in den Glaskörper, verbreiten sich in der Glashaut, und aus diesen wird die Glasfeuchtigkeit abgesondert. Demours[1] war der erste, welcher die Zellen und ihre Verbindung mit einander nachwies. Der vordere Theil der hyaloidea trennt sich in zwei Lamellen, deren eine als feines Häutchen (membrana coronae ciliaris Zinnii) zwischen dem Strahlenkörper und der gläsernen Feuchtigkeit bis an die Krystalllinse fortgeht, und sich in deren Kapsel einfügt. Dieses Häutchen ist von starken Fibern durchschnitten, welche kürzer sind, als dasselbe. Der dreieckige Raum, welcher dieses Häutchen, die fortgehende gläserne Feuchtigkeit und ein Theil der Vorderfläche der Krystalllinse zwischen sich lassen, heifst der *Petitsche Canal* (canalis Petitii), dessen Bestimmung noch unbekannt ist.

Die Glasfeuchtigkeit ist vollkommen durchsichtig und farbenlos, eiweifsartig consistent, nach Wintringham[2] vom spec. Gew. 1,0024, nach Chenevix[3] = 1,0053, und besteht nach Berzelius[4] aus 98,40 Wasser; 0,16 Eiweifsstoff; 1,42 salzsauern und milchsauern (essigsauern) Salzen; 0,02 Natron und einer im Wasser auflöslichen Materie[5].

Obgleich Form und Gröfse des Auges und seiner Theile nicht bei allen Individuen ganz gleich sind, so machen doch die Abweichungen bei normaler Bildung keinen sehr bedeu-

---

1 Mém. de l'Ac. 1741. 60.

2 Haller Elem. Phys. V. 595.

3 Phil. Trans. 1803. p. 198. Phil. Mag. XVI. 256. Bibl. Brit. XXII. 345.

4 a. a. O.

5 Noch weitere Untersuchungen über spec. Gew. und chemische Bestandtheile der Feuchtigkeiten des Auges von Nicolas findet man in Ann. de Chim. LIII. 307. Vergl. Schweig. N. J. V. 668.

Digitized by Google

tenden Unterschied. Petit ist derjenige, welcher sich mit diesen Messungen am meisten beschäftigt hat. Zuerst versuchte er, die Augen gefrieren zu lassen, um dann die Dimensionen zu bestimmen[1], welche aber wegen der Ausdehnung des Eises eben so wenig genau seyn konnten, als die älteren Messungen[2]. Leichter ist es, das Gewicht der einzelnen Theile zu finden. Nach Petit[3] wog ein menschliches Auge von einem funfzigjährigen Manne 6 Stunden nach dem Tode 142 Grains. Hiervon kommen auf die wässerige Feuchtigkeit 4 Gr., die Krystallfeuchtigkeit 4 Gr., die gläserne 104, die Häute zusammen 31 Gr. Bei dem Auge eines zwei und zwanzigjährigen Mannes wogen die ersten beiden Theile genau eben so viel, die gläserne Feuchtigkeit aber nur 95 Gr., die Häute 29 Gr., also das Ganze 132 Gr. Später verfertigte sich Petit[4] zum Messen des ganzen Auges und seiner Theile ein eigenes Werkzeug, *Ophtalmometer* genannt, aus einer genau getheilten kupfernen Stange und einem Schieber mit Nonius bestehend, womit er aus einer grofsen Menge von Messungen und mit nicht unbedeutenden Abweichungen die gesuchten Gröfsen fand. Jurin[5] hat sie auf Decimallinien des englischen Zolles reducirt, und so sind sie in die meisten Lehrbücher übergegangen. Hiernach ist der Halbmesser der Krümmung der Hornhaut = 3,3294, der Halbmesser der vorderen Krümmung der Linse im Mittel aus 26 Messungen = 3,3081, der Halbmesser der hinteren eben so gefunden = 2,5056, die gröfste Dicke der Linse = 1,8525, die Axe der Hornhaut und der wässerigen Feuchtigkeit zusammen = 1,0358. Nach Brewster[6] beträgt in gleichem Mafse ausgedrückt der Durchmesser der Linse 3,78, der Cornea 4,00, die Dicke der Linse 1,72 der Cornea 0,42. Die ursprünglichen Bestim-

1 Mém. de l'Ac. 1723. p. 38.

2 Haller Elem. Phys. V. 400 ff.

3 Mém. de l'Ac. 1728. p. 221.

4 Mém. de l'Ac. 1728. p. 289. 1730 p. 4 ff.

5 Smith's Lehrbegriff d. Opt. übers. von Kaestner p. 496.

6 Edinb. phil. Journ. 1819. N. 1. p. 47. Ann. de Chim. et de Ph. XI. 331.

Digitized by Google

mungen Petit's [1] sind in Duodecimallinien des französischen Fufses ausgedrückt, folgende: die Axe des Auges 11‴,333 ... die Dicke der Cornea 0,166, der wässerigen Feuchtigkeit 1,250, die Dicke der Linse im Minimum 1,666... im Maximum 2,877... im Mittel 2,00, der Durchmesser oder die Breite der Linse im Minimum 3,75 im Maximum 4,5 im Mittel 4,00 [2], das Gewicht der Linse im Minimum 3 Gr. im Maximum 5,5 Gr. im Mittel 4 Gr. die Augenaxe von der vorderen Fläche der Cornea bis zur Retina 10,305... Hieraus folgt die Axe der gläsernen Feuchtigkeit 6,889 und die Dicke der drei Häute in der Axe des Auges 1,028. Die Halbmesser der Krümmungen des Auges sind noch schwieriger zu bestimmen. So behauptet Mauchart [3] die Cornea sey nicht kugelförmig gekrümmt, die Krystalllinse dagegen hielt Walther [4] für kugelförmig, Kepler [5] dagegen, Briggs [6], und Petit [7] für elliptisch oder parabolisch gekrümmt, auch Chossat [8], welcher seine Messungen mit einem Magnetometer von Charles anstellte, fand die Krümmung sowohl der Cornea als auch der Linse bei verschiedenen Thieren ellipsoidisch. Indefs fand Petit durch viele Messungen und Rechnungen den Halbmesser der Krümmung der Cornea im Mittel 3,750, die Chorde derselben 5,00, den Halbmesser der vorderen Krümmung der Krystalllinse im Minimum 2,75, im Maximum 12 Lin., im Mittel 3,00 bis 3,25, der hinteren im Minimum 2,25, im Maximum 4, im Mittel 2,5 Lin. Nach Helsham [9] ist jener 3,3081, dieser 2,5086, die Dicke der gläsernen Feuchtigkeit 6,2617. Th. Young [10] mafs auf

---

1 a. a. O.

2 Petit in Mém. de l'Ac. 1727 giebt beim menschlichen Auge das Verhältnifs der Axe zum Durchmesser = 1 : 2, Sömmering a. a. O. = 1 : 2,25 an.

3 Diss. de Cornea. §. 6.

4 Diss. de lente cryst. §. 2.

5 Paralipomena ad Vitellionem. Frcf. 1604. 4. c. 5.

6 Ophthalmographia. L. B. 1686. 12. p. 75.

7 Mém. de l'Ac. 1725. p. 20.

8 J. d. Ph. LXXXVIII. 315.

9 Haller El. Phys. V. 400.

10 Phil. Trans. XCI. 58.

Digitized by Google

eine mühsame Weise sein eigenes Auge, und fand, in engl. Zollen, in mindestens sehr genäherten Werthen den verticalen Durchmesser = 0,98 Z., die Axe = 0,94 Z. und indem er für die Häute 0,03 abzieht, die Axe von der Cornea bis zur Retina = 0,91 Z., die Chorde der Cornea lothrecht genommen = 0,45, horizontal = 0,45, den sin. vers. derselben = 0,11 und daher ihren Radius = 0,31, die Oeffnung der Pupille von 0,25 bis 0,12 Z. Aus dem sin. vers. der Cornea schliefst er dann auf die Entfernung der Linse, und bestimmt sie = 0,12 Z. Die Messungen von Petit sind indefs immer noch die zuverlässigsten.

Eine Hauptuntersuchung bei der Bestimmung der Beschaffenheit des Auges und seiner Theile betrifft die lichtbrechende Kraft derselben. Man hat hierüber ältere Bestimmungen von Scheiner [1], nach welchem die wässerige Feuchtigkeit wenig vom Wasser abweicht, die Krystalllinse dem Glase sehr nahe kommt, und die gläserne Feuchtigkeit zwischen beiden die Mitte hält. Genaue Versuche durch Einschliefsen in ein gläsernes Prisma stellte schon Hawksbee [2] an, und fand das Verhältnifs des Brechungssinus zum Einfallssinus beim Wasser und der wässerigen Feuchtigkeit 1,335, bei der gläsernen Feuchtigkeit des Ochsenauges 1,335, bei der krystallenen 1,463. Nach Wintringham [3] ist dasselbe bei der Krystalllinse 1,4, nach Porterfield [4] 1,3645. Die Schwierigkeit bei diesen Bestimmungen liegt hauptsächlich darin, dafs diese Theile nach dem Tode sich so leicht zersetzen und nicht füglich in der ihnen im Leben eigenen Temperatur untersucht werden können. Neuerdings sind schätzbare Versuche hierüber angestellt von Chossat [5], sowohl mit den Augen der Menschen als der Thiere. Er fand die Brechungskraft der einzelnen Theile wenig vom Wasser

1 Oculus. Lond. 1652. 4. p. 193.

2 Experiments on Mechanics, Pneumatics and Optic's. Lond. 1709. 4. p. 225.

3 Notiones et Observ. p. 249.

4 a. a. O.

5 Mém. sur le rapport de refraction des milieux de l'oeil. Im Ausz. in Journ. de Médicine III. 125. auch in Bulletin des Sc. par la Soc. phil. de Par. 1818. Juin p. 94. Bibl. univ. IX. 26.

Digitized by Google

verschieden, nämlich das Verhältnifs des Brechungssinus zum Einfallssinus bei der Hornhaut = 1,33, der Linsenkapsel = 1,359, der wässerigen Feuchtigkeit = 1,338, der Glasfeuchtigkeit = 1,339. Die Krystallinse will er aus mehreren Schichten bestehend gefunden haben, deren Dichtigkeit, und in gleichem Grade die lichtbrechende Kraft von Aufsen nach Innen gegen den Kern zunehmen soll, beim Menschen = 1,338 ; 1,395 ; 1,420, der ganzen Linse im Mittel = 1,384. Wenig verschiedene Resultate geben die Versuche von Brewster [1], nach welchem dieses Verhältnifs ist: für Wasser = 1,3358, die wässerige Feuchtigkeit = 1,3366, die Glasfeuchtigkeit = 1,3394, äufsere Schichtung der Linse = 1,3767, mittlere Lage = 1,3786, Centrum der Linse = 1,3990, mittlere Brechung = 1,3839. Young [2] findet mit Chossat übereinstimmend für das Centrum der Linse = 1,4025, d. h. nach Versuchen das Brechungsverhältnifs derselben zu Wasser = 21 : 20. Wenn man indefs die Brechungskraft derselben aus ihrer Wirkung im lebenden Körper berechnet, so ist diese = 14 : 13, und also ihre absolute Brechungskraft = 1,43856. Die Ursache dieser Differenz findet er darin, dafs die Linse von der umgebenden wässerigen Feuchtigkeit etwas aufsaugt. Dieses hält er für die eigentliche Brechungskraft der ganzen Linse, als eine Folge der ungleichen Dichtigkeit, indem das Brechungsvermögen des mittleren Theils = 18 : 17 = 1,414375 seyn, aber durch eingesogenes Wasser = 21 : 20 = 1,4025 werden soll [3]. *M.*

Ausdehnung.

Extensio; Etendue; *Extension;* bezeichnet den allgemeinen Begriff des Seyns der Materie oder des Körpers im

1 Edinb. phil. Journ. 1819. N. 1. p. 47. Ann. de Chim. et de Ph. XI. 330. Treviranus Biol. VI. 457. Graefe und Walther. Journ. d. Chir. I. 356.

2 Phil. Trans. 1801 XCI. p. 42. Vergl. 1793. p. 174.

3 Wegen der, für den Physiker stets so wichtig geachteten Untersuchungen des Sehens durfte ich mir eine solche Ausführlichkeit bei diesem Artikel erlauben. Dafs ich denselben so vollständig ausarbeiten konnte, verdanke ich der gütigen Unterstützung meiner Freunde Tiedemann (dessen handschriftliche Collectaneen ich sogar benützt habe), Conradi und Chelius.

Digitized by Google

Raume, indem man die Materie, als das den Raum erfüllende von dem erfüllten Raume unterscheidet, welcher nach Wegnahme des Körpers aus demselben ein leerer seyn würde. Nach dieser Ansicht wird durch den Begriff der Ausdehnung und des Ausgedehntseyns das Wesen der Materie an sich nicht bezeichnet, sondern blofs die Art unserer Vorstellung von derselben und von den Körpern im Allgemeinen angegeben [1].

Zur Vorstellung von der Ausdehnung als nothwendiger Bedingung der Existenz aller Körper, und in so fern auch der Materie überhaupt, gelangen wir durch die geometrische Bestimmung des Raumes, welchen ein jeder Körper einnimmt. Diesen messen wir aus nach den bekannten drei Dimensionen der *Länge*, *Breite* und *Tiefe*, welche bei jedem Körper vereinigt seyn müssen, indem ohne diese derselbe nicht denkbar ist. Wie grofs jede dieser drei Gröfsen sey, kommt bei der Feststellung unserer Begriffe im Allgemeinen gar nicht in Betrachtung, und hieraus folgt unmittelbar, dafs sie auch bis zum Verschwinden klein seyn können, und somit mufs das kleinste Körperlement, als in diese Grenzen eingeschlossen, immer noch im Raume seyend vorgestellt werden, bis zum Unendlichkleinen, welches, als solches, ein Gegenstand des Messens und zugleich auch des Vorgestelltwerdens zu seyn aufhört, dessen Untersuchung daher auch nicht mehr in das Gebiet der Physik gehört.

Inwiefern Ausdehnung in diesem Sinne das Wesen der Materie und der Körper bedingt, ist unter dem Artikel *Materie* weiter ausgeführt. *M.*

Ausdehnung.

Dilatatio; Expansio; Dilatation; *Expansion*, nennt man im Allgemeinen die Vergröfserung des Volumens der Körper ohne Vermehrung ihrer Masse. Die hiernach zu untersuchende, allen Körpern zukommende Eigenschaft, vermöge welcher sie einer Vergröfserung oder Verkleinerung ihres Volumens ohne Vermehrung ihrer Masse fähig sind, ist indefs verschieden von der Elasticität, vermöge welcher

1 Biot Traité. I, 1.

Digitized by Google

Theile der Körper durch äufsere Gewalt mehr zusammengedrückt werden können, und dann mit einer verschiedenen Kraftäufserung in ihren vorigen Raum zurückkehren; desgleichen von der Dehnbarkeit, in einigen Fällen auch Streckbarkeit genannt, vermöge welcher verschiedene Substanzen, ohne eigentliche Vermehrung oder Verminderung ihres Volumens sich nach einer Dimension verlängern oder ausdehnen lassen, z. B. Federharz, und die Metalle in höherem oder geringerem Grade. Endlich ist die Ausdehnung auch zu unterscheiden von der Expansibilität, welche Eigenschaft den unterscheidenden Charakter der Luft- und Gas-Arten ausmacht, bei denen folglich ein gewisser constanter äufserer Druck angenommen werden mufs, wenn man ihre Ausdehnung in einen gröfseren Raum, als welchen sie dann einnehmen, untersuchen und bestimmen will.

Es giebt ferner eine eigenthümliche, hier nicht zu untersuchende Art der Ausdehnung fester Körper, welche in ihrer Wesenheit leicht erkannt werden kann. Viele derselben lassen sich nämlich durch mechanische Gewalt in einen kleineren Raum zusammenpressen, und sind dann dichter. Namentlich geschieht dieses bei den Metallen durch Walzen, Hämmern, Drahtziehen u. s. w. ohne dafs sie bei aufhörendem Drucke nach Art der Elasticitätsäufserung zu ihrem vorigen Volumen wieder zurückkehren. Letzteres geschieht aber durch Erhitzung, und man kann also sagen, dafs sie hierdurch nach andern Gesetzen ausgedehnt sind, als nach denjenigen, welche dem Einflufse der Wärme zukommen. Auf gleiche Weise lassen sich auch andere Körper, als Holz, Zeuge, Geflechte, Seile u. dgl. mechanisch verdichten, und erhalten in diesem Falle durch Feuchtigkeit ihr voriges Volumen wieder, welches sie dann auch nach dem Entferntwerden der hinzugekommenen Feuchtigkeit behalten. Wenn man z. B. einige Holzarten, namentlich Lindenholz glatt hobelt, dann mit Matrizen Buchstaben oder Figuren darauf schlägt, und abermals bis auf die entstandenen Vertiefungen abhobelt, dann der Feuchtigkeit aussetzt, so werden die niedergedrückten Stellen sich wieder erheben, und nach dem abermaligen Austrocknen erhoben bleiben. Man kann dieses also allerdings eine Ausdehnung ohne Ver-

Digitized by Google

mehrung der Masse nennen, wie in dem Falle nicht statt findet, wenn verschiedene Körper durch den Zutritt der Feuchtigkeit anschwellen oder quellen. Die Ausdehnung vieler Körper, welche sie im Uebergange von der Flüssigkeit zur Festigkeit durch Krystallisirung erleiden, wird an ihrem Orte erwähnt werden.

Auch Flüssigkeiten dehnen sich aus, wenn bei ihnen der Gährungsprozefs eintritt, und eine Menge kohlensaures Gas, welches vorher im gebundenen Zustande, oder noch in seinen Bestandtheilen in ihnen vorhanden war, frei wird, und in zahllosen Bläschen aufsteigt, wobei die Ursache der erfolgenden Vergröfserung des Volumens von selbst in die Augen fällt.

Eine Ausdehnung der Gasarten bei bleibendem Drucke und unveränderter Temperatur findet kaum statt; indefs liefert die vom Grafen Stadion entdeckte Euchlorine ein Beispiel dieser Art, indem sie bei mäfsig erhöhter Temperatur unter Lichtentwickelung explodirt, sich bleibend ausdehnt, und nachher als 1 Mafs Chlorgas und 0,5 Mafs Sauerstoffgas erscheint[1].

Man kann indefs die hier aufgezählten Beispiele nur als Ausnahmen ansehen, indem im Allgemeinen als Regel anzunehmen ist, dafs die Körper ohne Vermehrung ihres Volumens sich nicht ausdehnen, aufser durch Erhöhung der Temperatur. Die Wärme dagegen kann als allgemeine, auf alle Körper wirkende Ursache der Ausdehnung angesehen werden, und nur in denjenigen Fällen finden scheinbare Ausnahmen von dieser allgemeinen Regel statt, wenn besonders bedingende Umstände diese veranlassen, z. B. dafs thönerne Gefäfse, namentlich die *Wedgewoodschen Pyrometerkugeln*, in der Hitze durch eine Art Zusammensinterung kleiner werden. Hierhin gehören auch die von Kraft, Celsius u. a. beobachteten Erscheinungen, dafs Holz, Leder, Knochen, Papier u. s. w. in gröfserer Kälte sich ausdehnen. Celsius namentlich fand Holz, welches er aus 14° R. in — 14° brachte, um $\frac{1}{600}$stel seiner Länge vermehrt[2]. Die Ur-

1 G. LII. 179.

2 Lambert Pyrometr. p. 122.

sache liegt aber in der Feuchtigkeit, welche durch Wärme entfernt wird, und dadurch eine Verminderung des Volumens bewirkt; so dafs also die Erscheinung überhaupt nicht hierher gehört. Wenn man indefs von diesen bedingenden Umständen abstrahirt, oder ihren Einfluſs vermeidet, so folgen auch die Hölzer nach Placidus Heinrich[1] dem allgemeinen Gesetze des Ausgedehntwerdens durch Wärme, jedoch in einem sehr geringen Grade.

Ein allgemeines Gesetz über die Ausdehnung aller Körper, wodurch die Vermehrung des Volumens als Function der Wärme genau in Zahlen ausgedrückt würde, ist noch nicht aufgefunden[2]. Eben so wenig kennt man die Gewalt, welche die verschiedenen Körper bei ihrer Ausdehnung ausüben, weifs aber, dafs dieselbe aufserordentlich grofs ist. Hieraus erklärt sich das Zerspringen des dicksten Glases und selbst eiserner Platten, z. B. der Ofen- und Heerd-Platten bei ungleicher Ausdehnung. Lambert[3] findet aus der zum Zerreissen erforderlichen Kraft die Stärke der Ausdehnung eines Stabes von 1 Quad. Linie Querschnitt, bei Messing = 97 Pfd. bei Eisen = 136 Pfd. für die Differenz der Temperatur zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers. Allein schon der Umstand, dafs nach seiner Ansicht 1° R. Temperaturdifferenz für jenes nur 1,2 Pfd. für dieses 1,7 Pfd. geben würde, zeigt die Unhaltbarkeit dieser Ansicht; denn feste Körper, welche bei höherer Temperatur weicher werden, dehnen sich in einer niedrigern Temperatur bei einer geringeren Zunahme ihrer Wärme zwar weniger dem Volumen nach, aber mit gröfserer Gewalt aus, welches auch damit übereinstimmt, dafs das Festhalten der Wärme gegen die Einwirkung des mechanischen Druckes bei niedriger Temperatur stärker ist, als bei höherer. Blofs für Gasarten läfst sich die Kraft der Ausdehnung genau berechnen, indem bei diesen nach dem Mariotteschen Gesetze ihre Elasticität dem Volumen umgekehrt proportional ist.

---

1 G. XXVI. 229.

2 Tralles bei G. XXVII. 244.

3 Pyrometrie oder vom Mafse des Feuers und der Wärme. Berl. 1779. 4. p. 249.

Digitized by Google

Indem sie sich nun nach Gay-Lüssac durch eine Temperaturerhöhung von 1° C. um 0,00375 ihres Volumens ausdehnen, so wird, wenn P die zusammendrückende Kraft ist, die Stärke ihrer Ausdehnung K = 0,00375 P. für 1° C. seyn, indem sie nach der Vermehrung der Temperatur um 1° C. im Ganzen mit P. 1,00375 drücken.

Wenn feste Körper durch Verminderung der Temperatur sich zusammenziehen, so geschieht auch dieses mit einer aufserordentlichen Kraft, welche aber kleiner seyn mufs, als die Stärke ihrer Cohäsion, wenn sie nicht zerreissen sollen. Oft zerreissen indefs die Körper durch den Einflufs einer niedrigen Temperatur, wie namentlich grofse Eismassen bei ungewöhnlich heftiger Kälte[1]. Man benutzt indefs diese Zusammenziehung als Mittel zur Ueberwindung des gröfsten Wiederstandes, indem z. B. Ringe und Beschläge heifs aufgepafst werden, und nach dem Erkalten fester aufsitzen, als dieses durch mechanische Mittel zu erreichen gewesen wäre. Vorzüglich sinnreich hat Molard sich dieses Mittels bedient, um die ausgewichenen Mauern eines grofsen Magazins für Baumaterialien in Paris wieder gerade zu ziehen, indem er die durchgezogenen starken eisernen Anker je einen um den andern durch Lampen erhitzen und dann festschrauben liefs, worauf sie sich beim Erkalten verkürzten, und die ungeheure, durch kein versuchtes mechanisches Mittel zu wältigende Last überwanden[2].

Im Allgemeinen ist die Ausdehnung der Körper den Incrementen der Wärme proportional, weswegen man auch die letzteren durch die erstere zu messen pflegt. Dieses dauert aber blofs so lange, als die Körper ihren Aggregatzustand nicht ändern, oder der zu einer solchen Veränderung erforderlichen Temperatur nicht nahe kommen[3]. Die einzigen Körper also, von denen man behaupten kann, dafs ihre Ausdehnung allgemein den Incrementen der Wärme proportional seyen, sind die permanenten Gasarten. Indem aber die verschiedenen festen, flüssigen und expansibelen Körper

1 Silliman's J. 1820. p. 177.
2 Biot Traité. I. 181.
3 Muncke physikal. Abh. p. 113.

Digitized by Google

nicht blofs rücksichtlich der Gröfse, sondern auch der Art der Ausdehnung verschiedene Gesetze befolgen, indem dieselbe mehr oder minder gleichförmig ist; so müssen diese einzeln untersucht werden, wobei es schwierig ist, bei den verschiedenen, oft nicht wenig abweichenden Resultaten der Versuche[1] die sichersten herauszufinden.

A. Ausdehnung fester Körper.

Von der Ausdehnung der festen Körper überzeugt man sich bald durch eine Menge von Erfahrungen. In den physikalischen Cabinetten befinden sich meistens cylindrische Metallstangen, welche in Oeffnungen genau eingepafst nach der Erhitzung nicht mehr hineingehen; oder Kugeln und Würfel, welche bei höherer Temperatur durch genau passende Ringe oder Oeffnungen nicht mehr durchfallen[2]. Indefs wurde man auf das Bedürfnifs, die Gröfse der Ausdehnung der verschiedenen Körper durch Wärme genau zu messen, erst aufmerksam durch die Verkürzung des Pendels, dessen sich Richer 1672 in Cayenne bediente, und welche für den vermeintlichen Einfluss der höheren Temperatur zu grofs gefunden wurde. Sinnreich schlug daher Dalencé schon 1688 vor, die Pendelschwingungen als ein Mittel zum Messen der Ausdehnung durch Wärme zu benutzen[3]. Indefs sind seine Versuche, eben wie die durch Picard[4], la Hire[5], Derham[6], Newton[7], Lowitz[8] u. a. angestellten zu ungenau, weil sie sämmtlich ohne feinere Mittel der Messungen und ohne genügende Bestimmungen der Temperatur angestellt wurden. Nicht bessere Resultate geben die Bemühungen Godin's und Don Juan's[9], so wie auch der Hebelapparat,

1 Bellani in Brugnatelli Giorn. Dec. II. T. VI. p. 217.

2 s'Gravesande Phys. Elem. math. Leidae 1748. c. X. §. 2427.

3 Traité des baromètres, thermom. et hygrom. Amst. 1688. 8.

4 Mém. de l'Ac. 1670.

5 Ebend. 1688.

6 Phil. Trans. XXXIX. 201.

7 Princ. L. III. prop. 19.

8 Lambert Pyrom. p. 121.

9 Voyage historique de l'Amerique meridionale par D. G. Juan et par D. Ant. de Ulloa. Amst. 1752. 4. II. 86.

Digitized by Google

dessen sich Bouguer bediente[1], zu wenig genau gearbeitet war, als dafs er hinlänglich feine Gröfsen mit Sicherheit zu messen verstattet hätte. Indefs ist Bouguer Erfinder der Methode, die kleinen Ausdehnungrn durch ein nach einem entfernten Gegenstande gerichtetes Fernrohr sichtbar zu machen. Er hing nämlich im Dom des Hôtel des Invalides eine 187,5 F. lange Kette auf, deren Ende ein auf einer Spitze balancirtes, und nach einer 556' entfernten Scale gerichtetes Fernrohr in Bewegung setzte, wobei er für 1° R. eine Aenderung der Scale von 3 F. wahrnahm. Auch Condamine[2] gehört zu denen, welche die frühesten roheren Versuche anstellten, und ist aufserdem der einzige, welcher die Methode einer Messung der Ausdehnung durch Pendelschwingungen in Anwendung brachte. Weil indefs die Berechnung der Längen aus den Pendelschwingungen sehr grofsen Schwierigkeiten unterliegt, die Temperatur der gebrauchten Stangen für ihre ganze Länge schwer bestimmbar ist, und Condamine seine Versuche nur in geheitzten Zimmern, also innerhalb einer nicht bedeutenden Temperaturdifferenz anstellte; so ist nicht zu verwundern, dafs sie nicht sonderlich genaue Resultate gaben. Musschenbroek[3] erfand ein eigenes, nach ihm benanntes *Pyrometer*, bei welchem die zu messenden Metallstangen in einer mit Wasser gefüllten Cisterne an einem Ende befestigt werden, am andern aber vermittelst einer gezahnten Stange bei ihrer Erhitzung durch das Wasser der Cisterne ein Räderwerk mit einem Zeiger umtreiben. Hierdurch werden allerdings kleine Ausdehnungen bemerklich gemacht, und bedeutend vergröfsert, auch sind diese Instrumente unleugbar sehr empfindlich; allein da weder das eine Ende der Stange genügend festgemacht, noch auch das Schlottern des Räderwerks und der Einfluss der Temperatur auf die Theile desselben weder vermieden, noch berechnet werden kann, so sind die durch Musschenbroek erhaltenen Resultate ungenügend, und seine

1 Mém. de l'Ac. 1745. p. 230.

2 Voyage à l'Equat. Int. hist. p. 164.

3 Tentamina exper. nat. capt. in Acad. del Cim. II. 12. Introd. ad Phil. nat. II. 610. ff. Cours de Phys. experim. et mathem. Leid. 1769. III. Vol. 4. II. 310.

Digitized by Google

Pyrometer können nur dazu dienen, die Ausdehnung der Metalle im Allgemeinen sichtbar zu machen[1]. Eben dieses gilt noch mehr von denjenigen Maschinen, welche Brisson[2] und Nollet[3] angegeben haben, bei denen selbst das Mafs der Temperatur wegfällt, indem die Stangen blofs durch untergesetzte Lampen erhitzt werden. Letzteres geben auch Desagüliers Zeichnungen an, welcher übrigens runde Stangen statt der kantigen vorschlägt, und statt Räder mit Getrieben grob gefeilte Rollen von ungleichen Durchmessern mit einem umgeschlungenen Faden vorschlägt[4]. Mit besserem Erfolge als Bouguer bediente sich Ellicot[5] eines Hebelwerks. Sein Apparat bestand aus zwei auf einem messingenen Lineale und einem dicken Mahagony-Brette aufrecht stehenden Pfeilern. Gegen den einen derselben wurde das eine Ende der zu prüfenden Stangen vermittelst einer starken Feder gepreſst, am andern Ende der Stange war eine feine Kette befestigt, welche, um eine sehr kleine Rolle geschlungen, diese und den an ihr befestigten 2,5 Z. langen Hebel in Bewegung setzte. Am Hebel fortlaufend zog sich die Kette über einen Kreisbogen am Ende derselben, und von da wieder über eine kleine Rolle mit einem Zeiger, welcher auf einem getheilten Kreise die Verlängerung in Graden zeigte, deren jeder $\frac{1}{7200}$ e.Z. betrug. Der freie Spielraum war durch ein Gewicht an der Kette aufgehoben. Um die Stangen jederzeit auf die nämliche Temperatur zu bringen, legte er sie auf ein durch Lampen erhitztes eisernes Lineal, dessen Wärme durch seine Ausdehnung vermittelst eines ähnlichen Apparates, als der beschriebene, gemessen wurde. Hierdurch erhielt er die in der nächstfolgenden Tabelle enthaltenen, aus Musschenbroek[6] bekannten Verhältnifszahlen. Unter die besseren älteren Versuche gehören vorzüglich noch die durch Herbert

1 Biot Traité. I. 147.

2 Traité élém. ou Principes de Physique à Paris 1789. 3 Vol. 8. II. 243.

3 Leçons de Phys. IV. 353.

4 Cours de Phys. I. 471.

5 Phil. Trans. XXXIX. p. 297. Vergl. XLVII. 479.

6 Cours de Phys. I. 342.

angestellten[1]. Statt der Stangen wählte er Drähte, welche durch ein spannendes Gewicht über eine Rolle von 22 par. Lin. Durchmesser mit einem 10 Z. langen Zeiger gezogen waren. Die Länge des Drahtes betrug das Vierfache des Umkreises der Rolle, so dafs ein Grad der Eintheilung $360+4$ oder $\frac{1}{1440}$ des Ganzen gleich war, und da sich noch Viertelsgrade unterscheiden liefsen, so gab die Theilung $\frac{1}{5760} = 0{,}000174$ des Ganzen an. Die Zange, welche den Anfang des Drahtes fafste, und das Lagerstück der Rolle waren an einem auf die Seitenkante gelegten Brette dergestalt herausragend befestigt, dafs Draht und Rolle in einen Trog mit Wasser getaucht werden konnten, welches durch eine Weingeistlampe erhitzt wurde, ohne das Brett zu benetzen. Die Temperatur mafs Herbert mit einem 80th. Quecksilberthermometer, und bewies überhaupt bei seinen Versuchen so viel Vorsicht, dafs sie unter die vorzüglichern gerechnet werden können, doch scheint er die Veränderung des hölzernen Brettes durch die anschlagenden Dämpfe, und die Ausdehnung der Rolle nicht berücksichtigt zu haben, und die für die Ausdehnung des Silbers gefundene Gröfse erklärt er selbst nicht für genau, weil der Draht nach dem Erkalten den Zeiger nicht wieder auf seinen ursprünglichen Stand zurückbrachte. Endlich mögen noch einige Versuche von Cassini[2] kurz erwähnt werden, welcher das Verhältnifs der Ausdehnung des Eisens zum Kupfer $= 10 : 17$ oder $= 27 : 46$ angiebt.

Die von den genannten Beobachtern gefundenen Ausdehnungen für Temperaturdifferenz von 100° C. als absolute Gröfsen angesehen, geben folgende, durch Musschenbroek bekannte tabellarische Uebersicht, worin die Ausdehnungen in Milliontheilen der Einheit ausgedrückt sind.

---

1 Dissertatio de Igne. Viennae 1773. 8.
2 Mém. de l'Ac. 1741. p. 489.

	Muschenbroek	Ellicot	Bouguer	Don Juan	Condamine	Hembert
Glas	—	—	780	600	—	860
Gold	—	730	940	—	—	—
Blei	1420	1550	1090	—	—	2620
Zinn	1410	—	—	—	—	2120
Silber . . .	—	1030	730	—	—	1890
Messing . . .	1010	950	—	2040	—	1720
Kupfer . . .	800	890	—	1670	1740	1560
Stahl	770	560	—	1270	—	—
Eisen	730	600	550	920	1060	1070

J. Smeaton ist der erste, welcher die absolute Gröfse der Ausdehnung mit einem hohen Grade von Genauigkeit bestimmte [1]. Die Stangen, deren er sich bediente, waren an einem Ende fest, und bewegten mit dem andern die Mitte eines einarmigen, durch eine Feder angedrückten Hebels, wodurch die Gröfse der Ausdehnung doppelt wurde. Am oberen Ende dieses Hebels befand sich ein Schenkel, der Fühler (feeler) genannt, welcher in einem Gewinde auf- und abwärts beweglich war. Diesen liefs er durch sein eigenes Gewicht bis in eine fast wagerechte Lage fallen, und mafs dann, indem er ihn schwebend erhielt, die Verrückung des Hebels vermittelst einer gegen den Fühler zur genauen Berührung geschrobenen Mikrometerschraube, deren Windungen vorher gemessen waren. Bei solchen Mikrometerschrauben, deren sich nach Smeaton's Angabe schon Graham bediente, hängt der zu erreichende hohe Grad der Genauigkeit hauptsächlich ab, 1. von der Gleichförmigkeit der Schraubengänge, 2. von der Vermeidung des todten Ganges, 3. von der Genauigkeit der Berührung. Die erstere ist nur durch mühsame Operationen, hauptsächlich durch lange Schneidkloben und immer zunehmende Feinheit der Schraubengänge vollkommen erreichbar, die zweite durch geschlitzte Muttern, die letzte suchte Smeaton durch seinen Fühler zu erhalten, bei welchem das Anschlagen besser durch das Gehör als durch das Gefühl wahrgenommen wurde. Sehr vortheilhaft wandte Smeaton zugleich auch längere Stangen von 2 F. 4 Z. e. an, und da sein Apparat $\frac{1}{2\,3\,4\,5}$ Zoll angab, so konnte er eine Genauig-

1 Phil. Trans. XLVIII. p. 598.

Digitized by Google

keit von $\frac{1}{65600} = 0{,}00001523$ des Ganzen erreichen. Die Stangen erwärmte er im Wasser, und da er keine Substanz wufste, welche durch Wärme nicht ausgedehnt würde, so zog er vor, die Normallänge selbst eben der Temperatur auszusetzen, als die zu prüfenden Stangen, und die Ausdehnung der ersteren in Rechnung zu bringen. Die Basis seines Apparates war daher eine Messingstange, welche zugleich mit in das Wasser des Troges gesenkt wurde, und deren Verlängerung als Normalgröfse er an einer geradfasrigen Stange trocknen Tannenholzes mafs, deren Enden zur Vermeidung des Einflusses der Feuchtigkeit und zur schärferen Messung mit Messing beschlagen waren, indem sie selbst stark überfirnifst und mit Werg umwunden war. Bei der Vergleichung derselben mit der messingnen Basis befand sich nur die letztere im Wasser, die hölzerne Stange aber, die nur für den Augenblick der Beobachtung eingelegt wurde, über dem Deckel des Troges. Dessenungeachtet wirkten die Wasserdämpfe augenblicklich auf dieselbe. Smeaton beobachtete daher vom Augenblicke des Einlegens an in genauen Zwischenräumen von 1 Minute die Grade seines Mikrometers, und fand, dafs die Verlängerung der hölzernen Stange im geometrischen Verhältnisse zunahm, woraus er ihre ursprüngliche Länge im Augenblicke des Einlegens berechnete. Vier Versuche, die nach gehöriger Reduction innerhalb eines Mikrometergrades übereinstimmten, mithin auf 0,00001 des Ganzen genau waren, gaben die Ausdehnung der messingnen Basis = 287,5 Mikrometertheile für 166° F. Die Menge der durch Smeaton angestellten Versuche, die Genauigkeit der Beobachtung, und der Scharfsinn, den er bei der Erfindung und Behandlung seines Instrumentes bewies, machen die durch ihn erhaltenen Resultate zu den schätzbarsten, welche wir über diesen Gegenstand besitzen. Sie finden sich in der unten mitgetheilten Tabelle.

Ferd. Berthoud hielt es zur Verfertigung vollkommen compensirender Pendel für wesentlich nothwendig, die Ausdehnung der verschiedenen Metalle genau zu kennen, und wollte diese durch eigene Versuche ausmitteln. Sein *Pyrometer* mit Räderwerk versehen, befand sich in einem Kasten, welcher vorne durch eine Glasthüre verschlossen war,

Digitized by Google

und von unten durch einen eisernen Ofen geheizt wurde. Die festen Puncte des Instrumentes waren an einem marmornen Pfeiler befestigt, welcher 5 F. Höhe, 1 F. Breite und 5 Z. Dicke hatte. Die Stangen hingen vertical, und trugen an ihrem unteren Ende eine Pendellinse, welche vermittelst eines Stiftes auf den Hebel des Pyrometers wirkte. Vor jedem Versuche wurde die zu prüfende Stange in zerstofsenem Eise hinlänglich erkältet, schnell eingehängt, und mit Hülfe des Ofens bis 27° R. erwärmt. Die Vergrösserung zeigte ein Weiser auf einem Halbkreise von 5 Z. Radius, der in 180 Grade getheilt war; den schädlichen Einfluss im ersten Eingreifen hatte Berthoud durch Anwendung eines Hebels vermieden, und das Schlottern des Räderwerks durch ein spannendes Gewicht aufgehoben. Die Länge des Hebels wurde dahin berichtigt, dafs der Weiser für 0,5 Lin. Verlängerung 180 Grade durchlief, und da die Grade noch etwa eine Linie grofs waren, so wäre es leicht gewesen, noch ihre Hälfte zu bemerken; er giebt jedoch seine Beobachtungen nur in 360 Theilen einer Linie an. Die Länge seiner Stangen betrug 461 Lin.; die Genauigkeit ist also $= \frac{1}{1\,0\,3\,9\,6\,0} = 0{,}000006$ des Ganzen. Aller angewandten Sorgfalt ungeachtet sind indefs seine Angaben etwa $\frac{1}{9}$ zu grofs, welches wahrscheinlich der unsichern thermometrischen Bestimmung zuzuschreiben ist, die entweder in einem Fehler des Thermometers selbst, in der verticalen Richtung der Stangen oder in ihrer gröfseren Anziehung zur Wärme, als dem Thermometer beizumessen ist, ihren Grund haben mag, wobei durch den Schluss vom Kleinen auf das Grofse der Fehler noch auffallender wurde. Bei den Ausdehnungen von Zinn und Blei übersteigt der Fehler $\frac{1}{9}$, wahrscheinlich weil diese weicheren Metalle durch die Wirkung der Schwere noch besonders verlängert wurden [1].

de Lüc [2] wünschte für seine Hygrometer eine Scale zu haben, die der Ausdehnung durch Wärme nicht unterläge, und glaubte dieses durch eine Compensation von Glas und Messing zu erhalten, deren Ausdehnung er daher aufs Neue

1 Horner handschr. Mittheil.

2 Phil. Trans. LXVIII. P. I. p. 419. J. de Ph. XVIII. 365.

zu untersuchen beschlofs, weil ihm die Apparate und Methoden früherer Forscher nicht genügten, und sich dabei der von Ramsden damals erfundenen mikroskopischen Mikrometer zu bedienen. Er befestigte daher an dem unteren Ende einer Glasröhre einen dünnen Messingstreifen, welcher längs der Röhre in die Höhe ging, und durch eine Schnur angezogen wurde. Das Mikroskop, mit einem festen Faden zwischen den Ocularen, war horizontal gegen das obere Ende des Messingstreifens gerichtet, welcher dort eine feine Eintheilung hatte. Wurden dann die Barometerröhre und der Messingstreifen in einem mit Wasser gefüllten gläsernen Cylinder gleichmäfsig erwärmt, so mufste der obere Endpunct des Messingstreifens in dem Mafse aufwärts rücken, als die Ausdehnung des Messings die des Glases übertrifft. Letzteres Verhältnifs fand er innerhalb der Temperaturen von 10° bis 40° R. = 21:10. Zur Auffindung der absoluten Ausdehnung versah er das Mikroskop mit einem beweglichen Faden und einer Mikrometerschraube, bestimmte den Werth eines Schraubenumganges vermittelst der Theilung auf dem Messingstreifen, und schätzte die Genauigkeit der hiermit gemachten Beobachtung auf $\frac{1}{1000}$ eines franz. Zolles. So fand er die Ausdehnung des Glases genau wie Smeaton.

Eine ungleich vollkommnere Anwendung des Mikroskopes machte Ramsden selbst 1784 zur Bestimmung der Ausdehnung der zur Basismessung auf Hunslowheath bestimmten gläsernen Stangen und stählernen Mefsketten, wobei Räder und Hebelwerk weggelassen wurden, und die Normalstange unverändert blieb. Zwei Prismen von Gufseisen, etwa 5 F. lang, 1,5 Z. dick, lagen 26 Z. von einander parallel in zwei mit zerstofsenem Eise gefüllten Trögen. Zwischen ihnen befand sich in der nämlichen Richtung die zu prüfende Stange auf einem Rost in einem kupfernen Troge, in welchem Wasser durch Weingeistlampen zum Kochen gebracht wurde. An den Enden dieser drei Stangen gingen Winkelstücke aufwärts, an welchen die Theile zweier Mikroskope sich befanden, obwohl ohne directe Verbindung, nämlich das eine eiserne Prisma trug ein doppeltes Ocular mit einem beweglichen Mikrometerfaden, das andere eine Marke von

Digitized by Google

Kreuzfäden, deren Bild in den Brennpunct des Oculars traf; die zu prüfende Stange aber trug das Objectiv des Mikroskops. Diese drei Theile waren von einander unabhängig, indem die Röhren der 20 Z. langen Mikroskope quer durchschnitten waren. Vermittelst einer fein und genau getheilten Scala wurde der Werth eines Schraubenganges am Mikrometer = 0,014 e. Z. gefunden. Ein Hunderttheil eines Zolles Bewegung der Objectivlinse durch die Veränderung der zu prüfenden Stange betrug 3,206 Umdrehungen der Mikrometerschraube, und da eine Umdrehung des Mikrometers 0,00312 e. Z. oder 0,00293 fr. Z., ein Hunderttheil also 0,0000293 Z. betrug, so gab dieses für die Länge der gröfstentheils 5 e. F. langen Stangen einen 60 mal kleineren Raum, oder 5 Millionth. des Ganzen. Jedes der Mikroskope erforderte einen eigenen Beobachter, deren einer durch eine sanfte Bewegung den Anfangspunct der Stange in seiner Lage erhielt, während der andere mit dem mikrometrischen Mikroskope die Verlängerung mafs. Aufserdem mufste noch ein Gehülfe den Rost, auf welchem die zu prüfende Stange lag, weil er durch die Wärme sich etwas einbog, vermittelst einer die Mitte unterstützenden Schraube so viel heben, als die an den Enden befindlichen Niveau's anzeigten, um dadurch die Objectivträger an den Enden der Stange genau in ihrer verticalen Lage zu erhalten. Leider wurde mit diesem trefflichen Apparate nur die Ausdehnung der zur Basismessung bestimmten Substanzen untersucht [1].

Unter die wichtigsten und gehaltreichsten Versuche über die Ausdehnung der festen Körper gehören die von Lavoisier und Laplace angestellten, welche, durch die Revolution übersehen, von Biot aus den Originalpapieren bekannt gemacht sind [2]. Der Apparat, dessen sie sich bedienten, gab die Vergröfserung der kleinen Ausdehnungen durch ein nach einer entfernten Theilung gerichtetes Fernrohr. MM', NN' sind zwei Prismata aus gehauenen Steinen, dop- Fig. pelt so hoch als breit, welche 6 F. tief in die Erde auf fe- 96. stem Boden eingemauert waren, und ohngefähr 3 F. Zwi-

1 Roy in Phil. Tr. 1785. p. 461. Thomson Syst. de Chim. I. 84.

2 Traité de Phys. I. 146. Schweig. J. XXV. 355.

schenraum liefsen. RS ist ein aus Ziegelsteinen erbauter Ofen zum Erwärmen des Wassers in der Wanne GH; o o' ist ein Fernrohr, 6 F. lang und im Schwerpuncte so genau mit einem sehr geringen Uebergewichte in o' balancirt, dafs der leiseste Druck des Hebels L' hinreicht, dasselbe zu bewegen. Ein getheilter Mafsstab in einem Abstande von 100 Toisen gab 744fache Vergröfserung der gemessenen Ausdehnung, welche zwar durch eine Entfernung desselben auf 200 Toisen hätte verdoppelt werden können, aber mit Aufopferung der Deutlichkeit. Die zu messenden Stangen wurden an gläsernen Trägern f g unten mit Rollen g g versehen so aufgehangen, dafs die leichte Beweglichkeit der Rollen ihrer Ausdehnung und Zusammenziehung kein mefsbares Hindernifs entgegensetzte. Ein mit den Trägern MM' durch eine starke eiserne Querstange T T fest verbundener gläserner Stab F F diente dem zu messenden Stabe B B an dem einen Ende zum festen Stützpuncte, während das andere mit einem ähnlichen gläsernen Stabe C L in unmittelbarer Berührung war. Letzterer wurde durch die, in ihren Charnieren leicht bewegliche Stange D E getragen, welche bei der Verlängerung der Stange BB' den Hebel L', und somit das Fernrohr hob. Die Kenntnifs der Länge der Hebelarme und der Entfernung der getheilten Scale giebt die Mittel zur Berechnung der Ausdehnung. Um jede Verrückung zu vermeiden, wurden endlich die Stangen B B an die gläsernen Stäbe F F und C L vermittelst eines feinen Kupferdrahtes festgebunden. Die Heizung des Ofens B S wurde bald zu beschwerlich und zu mühsam befunden, und daher vorgezogen, aus einem benachbarten Kessel die Wanne G H mit Wasser von verschiedenen Temperaturen zu füllen. Alle vermittelst dieses Apparates untersuchten Körper kamen nach der Erhitzung und Abkühlung genau wieder auf ihre vorige Länge zurück, und ihre Ausdehnung war den Graden des Quecksilberthermometers direct proportional. Hiervon machte der gehärtete Stahl eine Ausnahme, welcher sich auch nach Smeaton und Berthoud stärker ausdehnt, als ungehärteter, und wenn er in kaltem Wasser gehärtet ist, so verliert er wahrscheinlich bei einer Temperatur von 65° R. seine Härtung, und nimmt dann die geringere Ausdehnung

Digitized by Google

des nicht gehärteten an. Aufserdem zeigten auch die verschiedenen Arten von Glas und Eisen eine sehr ungleiche Ausdehnung.

Unter den weniger umfassenden Versuchen verdienen insbesondere diejenigen genannt zu werden, welche Guyton de Morveau [1] anstellte, als er 1803 die Prüfung des Wedgwoodschen Pyrometers unternahm. Seine unveränderliche Basis bestand aus einem Stücke gut gebrannten reinen Thones. In diesem war eine Rinne, welche an einem Ende verschlossen und bestimmt war, die Stangen, deren Verlängerung er messen wollte, aufzunehmen. Am andern Ende befand sich ein Winkelhebel, dessen kürzerer Schenkel das Ende der Stange berührte, während der längere auf einem Kreisbogen die Verlängerung angab. Hebelwerk, Weiser und Gradbogen waren von Platin, der eingelegte Metallstreifen war 20 Lin. [2] lang, 2,2 Lin. breit, 1 Lin. dick. Der kürzere Hebelarm mafs 1,1; der längere 22,2; wonach die Vergröfserung das Zwanzigfache betrug. Ein Vernier am Weiser liefs 0,1 Grad des in 400° getheilten Kreises oder 0,0017 Lin., d. h. etwa $\frac{1}{13000} = 0{,}000077$ des Ganzen erkennen. Auf das Ende des Weisers drückte eine Feder von Platin, um das Verrücken desselben durch zufälligen Stofs zu verhindern. Man sieht bald, dafs dieser einfache und treffliche Apparat seinem Zwecke in einem sehr hohen Grade angemessen war.

Versuche über die Ausdehnung einiger Metalle hat auch Troughton bei Gelegenheit der Verificirung der englischen Normalmafse angestellt [3]. Tralles giebt eine sehr sinnreiche, zugleich aber grofse Fertigkeit im Experimentiren und manche Correctionen erfordernde Methode an, die Ausdehnung der festen und auch der flüssigen Körper zu finden [4], indefs ist dieselbe nicht in einem solchen Grade praktisch anwendbar, dafs es der Mühe lohnte, sie hier in der

1 Ann. de Chim. XLVI. 276. Mém. de l'Inst. 1808.

2 Nach Ann. de Chim. 45^{mm}, nach Mém. de l'Inst. 50^{mm}.

3 Thomson Système de Chim. I, 84. Ann. de Chim. et de Phys. I. 105.

4 G. XXVII. 241.

Digitized by Google

erforderlichen Ausführlichkeit mitzutheilen. Sie ist im Allgemeinen darauf gebaut, dafs die Ausdehnungen der Voluminum verschiedener Körper sich finden lassen, wenn man sie bei ungleichen Temperaturen in Flüssigkeiten hydrostatisch abwiegt. Die Angaben desselben über die Ausdehnung des Eisens, Messings und Platin's sind in der am Ende angehängten Tabelle enthalten[1]. Eben daselbst sind auch die sehr genauen Messungen aufgenommen, welche DE BORDA bei der Gelegenheit der Regulirung des französischen Mafssystem's und seiner Vergleichung mit dem englischen durch mikrometrische Messungen erhielt[2]. Auf den Werth einer vorzüglichen Genauigkeit können ferner diejenigen Versuche Anspruch machen, wodurch AUGUSTIN die Ausdehnung der bei den neuesten österreichischen Messungen gebrauchten eisernen Mefsstangen bestimmte[3], und welche um so mehr beachtet zu werden verdienen, als aus ihnen die ungleiche Ausdehnung der verschiedenen Sorten des Eisens hervorgeht, so dafs es daher für geographische Basis-Messungen von höchster Genauigkeit nicht überflüssig scheint, aller früheren Versuche ungeachtet die zu gebrauchenden Stangen eigens zu prüfen. Der zu der genannten Untersuchung gebrauchte, sehr zweckmäfsige Apparat bestand aus zwei in eine Mauer eingekitteten Steinen, deren einer eine unverrückbare Widerlage trug, um die Stangen dagegen zu stemmen, der andere eine sehr feine Theilung auf Silber. Die Stangen ruheten in einer Rinne von Eisenblech auf metallenen Böcken, und hatten an einem Ende eine sehr feine Theilung, welche mit der silbernen Scale des einen Steines zusammengebracht, durch ein Mikroscop die Ausdehnung bis auf 0,00001 der Klafter zeigte, so dafs noch leicht $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$ dieser Gröfse geschätzt werden konnte. Die Rinne wurde dann mit zerstofsenem Eise gefüllt, und nachdem dieses geschmolzen war, das Wasser in derselben allmälig durch

1 Bericht üb. d. Festsetzung d. Grundeinheiten d. von d. franz. Rep. angenommenen metr. Systems. Bern 1801.

2 Mém. de l'Inst. II. Ann. de Chim. XX. 189. Young's Lectures II. 149. u. a. a. O.

3 Mon. Cor. XXV. 61.

Digitized by Google

Lampen erhitzt, um die Länge der vier Stangen beim Schmelzpuncte des Eises und bei höheren Temperaturen von 10 zu 10 Graden zu messen. Ein Versuch, durch welchen Schwerd[1] die Ausdehnung einer von ihm gebrauchten eisernen Mefsstange prüfte, kann insbesondere wegen der geschickten Manipulation des Experimentators gleichfalls auf grofse Genauigkeit Anspruch machen. Endlich verdienen auch die sehr genauen Versuche erwähnt zu werden, wodurch Placidus Heinrich[2] die Ausdehnung des Eises innerhalb einer Temperaturdifferenz von 10° R. = 0,003064 fand, mithin stärker, als bei irgend einem festen Körper. Die Ausdehnung der Holzkohlen zu finden war der grofsen Schwierigkeiten wegen fast unmöglich, und es wird daher die beobachtete Gröfse nur für einen genäherten Werth ausgegeben.

Ehe wir zu den neuesten Versuchen über diesen Gegenstand übergehen, ist insbesondere noch folgende Untersuchung anzustellen. Alle bisher genannten Physiker nehmen an, dafs die Ausdehnung der festen Körper innerhalb der beiden festen Puncte des Thermometers gleichförmig sey. Nach theoretischen Gründen ist zwar nicht zu bezweifeln, dafs die Gleichförmigkeit der Ausdehnung dann aufhört, wenn die Körper einer Veränderung ihres Aggregatzustandes nahe kommen, und aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, oder schmelzen. Indem aber die untersuchten Substanzen beim Siedepuncte des Wassers noch weit von diesem Puncte abstehen, so ist eine Ungleichheit der Ausdehnung vom Gefrierpuncte bis zu dieser Temperatur durchaus unwahrscheinlich. Indefs behauptet de Lüc eine solche Ungleichheit der Ausdehnung beim Glase wahrgenommen zu haben, indem er von 70° R. bis 0° die Zusammenziehungen desselben im Verhältnisse von 31, 29, 26, 24, 22, 19 gefunden haben will. Diese Differenzen sind zwar so unbedeutend, dafs sie nach Fischer[3] innerhalb

1 Die kleine Speyerer Basis. Speyer 1822. 4. p. 17.

2 Schriften d. Kön. Bayerschen Acad. d. Wiss. 1806. 2te Abth. p. 149. G. XXVI. 228.

3 Berlin. Denksch. 1816 u. 17. p. 80.

der Fehlergrenze der Beobachtungen fallen, und daher aus ihnen keine Correction der Thermometergrade hergenommen werden kann. Indefs will auch Hällström[1] eine solche Ungleichheit beobachtet haben, und er entwickelt daher eine Formel, wonach die Länge des Glases beim Gefrierpuncte = 1 gesetzt, bei n Graden der Temperatur nach C. =

$$= 1 + 0{,}0000052\,n + 0{,}000000032\,n^2$$

seyn soll. Eben dieser Gelehrte untersuchte auch die Ausdehnung des Eisens[2], und fand hierbei gleichfalls jene Ungleichförmigkeit der Ausdehnung, wonach er also für diese Substanz die Formel

$$y = 1 + 0{,}00000994\,n + 0{,}000000024\,n^2 + 0{,}0000000002\,n^3$$

aufstellt. Der letzteren Behauptung steht insbesondere die grofse Genauigkeit so vieler Versuche entgegen, namentlich der von Augustin angestellten, in denen keine Spur einer solchen Ungleichförmigkeit zum Vorschein kam. Die erstere Behauptung, auf zwei bedeutenden Autoritäten beruhend, wurde aber dadurch noch wichtiger, dafs Dalton[3] zur Unterstützung seiner Hypothese über den Gang des Quecksilberthermometers annahm, das dünne Glas der Thermometer-Kugeln und Cylinder dehne sich nicht blofs ungleich, sondern auch bedeutend stärker aus, als dicke Stücke. Hiergegen streitet zwar sehr auffallend der gleichförmige Gang zahlloser Thermometer, bei denen unmöglich die Glasesdicke der Kugeln oder Cylinder ganz gleich seyn kann; indefs ist die Sache doch bei einem so höchst unentbehrlichen Apparate von solcher Wichtigkeit, dafs es sich allerdings der Mühe belohnte, sie einer neuen und genauen Prüfung zu unterwerfen.

Horner[4] übernahm dieses schwierige, aber verdienstliche Geschäft. Der einfachste Weg wäre gewesen, zwei Thermometer von gleichem Inhalte und sehr ungleicher Glasesdicke der Kugeln zu verfertigen, und durch die Verglei-

---

1 Diss. de dilatatione vitri a calorico. Aboae. 1781. G. XXXVI, 60.

2 Kongl. Swenska Vet. Acad. Nya Handl. 1805. p. 253. G. XXXVI. 52.

3 Chem. Phil. I. 23 u. 58.

4 Handschriftliche Mittheilung.

chung ihres Ganges die Behauptung directe zu prüfen. Wirklich that Horner dieses; allein weil die Thermometer zufällig verunglückten, wählte er die pyrometrische Prüfung, um so mehr, als bei allen früheren nie dünnes Glas genommen war, und gelegentlich auch die übrigen verschiedenen Angaben über die Ausdehnung der festen Körper abermals geprüft werden konnten. Der einfache hierzu gebrauchte Apparat war auf folgende Weise construirt. FF′ ist ein Flintenlauf von 10,5 Z. Länge, welcher an dem eisernen Pfosten O durch die Klammer r s festgehalten wird. Der Pfosten O ist auf ein starkes Brett geschraubt, und trägt das Pyrometer unabhängig von den Trögen M M′; N N′, die durch dünne eiserne Bügel unterstützt sind. Von der Normalstange FF′ aus gehen winkelrecht die Arme C, D und E. Am ersteren ist das Stück G befestigt, welches die zu prüfende Stange AB zwischen zwei Spitzen einklemmt, und ihren Anfangspunct bestimmt. Von D geht ein Träger in Gestalt eines Steigbügels herunter, bestimmt, die Stange an ihrem andern Ende zu unterstützen. Der dritte Arm E enthält das Mikrometer. Die Mikrometerschraube KK′, von Repsold in Hamburg verfertigt, und 128 Gänge auf 1 Z. haltend, geht durch eine, zwischen zwei Spitzen bewegliche Axe m n. Am Ende der zu prüfenden Stange ist mit 3 Schrauben das aufrechte Stück H befestigt, welches ein kurzes massives Stück Glas I trägt, um die Schraube von der Hitze des Wassers entfernt zu halten. An der etwas breiten und plangeschliffenen Vorderfläche des Glasstückes I kann vermittelst des Fadens P die Spitze der Mikrometerschraube um die Axe m n gedrehet vorbeigeführt werden. Die Elasticität der Theile gestattet ein Anstreifen, selbst wenn die Schraube etwas zu weit vorgeschraubt ist. Ob aber das Minimum der Berührung, oder gar keine statt findet, wird durch den eben noch hörbaren Ton des Wetzens der Schraube am Glase erkannt, weswegen aber zur Beobachtung gänzliche Stille erfordert wird, so dafs sie zwischen 63° R. und dem Siedepuncte des Wassers wegen des Brausens unstatthaft sind. Der Trog MM′ bleibt fortwährend mit zerstofsenem Eise oder Schnee gefüllt, von welchem ein Theil durch die Wärmeleitung der Arme C und D allmälig

Fig. 97.

Fig. 98.

Fig. 99.

Fig. 100.

schmelzt und wieder ersetzt werden mufs, im Tröge NN' dagegen wird das Wasser durch drei untergesetzte Weingeistlampen L erwärmt. Ein zwischen beide Tröge gestelltes Stück Weifsblech schützt den Trog MM' gegen die Hitze der Weingeistlampen und des Wassers.

Mit diesem Apparate wurden die Ausdehnungen der Körper von 10 zu 10 Grad R. beobachtet, welches früheren Experimentatoren mit Ramsdenschen Mikrometern zu mühsam gewesen war [1]. Zur genauen Bestimmung der Temperatur wurden drei übereinstimmende Thermometer angewandt, deren Cylinder unten in einen rechten Winkel gebogen, und an die zu prüfenden Stangen an beiden Enden und in der Mitte mit feinem Drahte festgebunden waren; die Scalen, auf Papier gezeichnet, welches mit etwas Kleister auf die Röhren geklebt und mit Leinöl getränkt war, verstatteten sehr genaue Beobachtungen ohne parallaktische Fehler, auch wurde das Wasser im Troge durch abwechselndes Annähern und Entfernen der Lampen etwa eine Viertelstunde hindurch in gleicher Temperatur erhalten, aus mehreren Beobachtungen einen halben Grad über und unter der Normaltemperatur das Mittel genommen, und beim Siedepuncte wegen des Barometerstandes corrigirt. Durch genaue Prüfung ergab sich eine Umdrehung der Mikrometerschraube = 0,007827, und also 1 Grad des hunderttheiligen Mikrometers = 0,0000783, wovon Zehntel notirt wurden, indefs die Genauigkeit sich nur bis 0,3 verbürgen liefs. Ohngeachtet der hierin dargelegten grofsen Genauigkeit des Apparates und der bekannten feinen Gewandtheit des Experimentators entscheiden dennoch diese Versuche nicht vollständig die Frage wegen der zunehmenden Ausdehnung, machen es indefs wahrscheinlich, dafs dieselbe, in höheren Temperaturen nach Dülong und Petit allerdings statt findend, bei den meisten Körpern schon unter dem Siedepuncte merkbar wird, ohne jedoch bei den gewöhnlichen Beobachtungen einen mefsbaren Einfluss zu äufsern. Namentlich gaben

1 Phil. Tr. LXXV. 473.

Kupferner Cylinder 9,99 Z. lang; 0,46 Z. breit		Zinkstange 9,9 Z. lang; 0,49 Z. dick.	
Temperaturen	Ausdehnung für 10° R.	Temperaturen	Ausdehnung für 10° R.
von 0° - 10°	— 0,000206	0° - 20°	— 0,000348
10 - 20	— . . . 219	20 - 40	— . . . 356
20 - 30	— . . . 207	40 - 60	— . . . 373
30 - 40	— . . . 212	60 - 80	— . . . 400
40 - 50	— . . . 220	80 - 60	— . . . 387
50 - 60	— . . . 220	60 - 40	— . . . 371
60 - 50	— . . . 217	40 - 20	— . . . 369
50 - 40	— . . . 216	20 - 0	— . . . 358
40 - 20	— . . . 209		
20 - 0	— . . . 210		

Die folgende Tabelle enthält die Ausdehnung derjenigen Körper, welche für die, zwischen den festen Puncten des Thermometers liegenden Grade untersucht sind, u. z. die obere Reihe die bei zunehmender Temperatur gefundenen Ausdehnungen, die untere die bei abnehmender beobachteten, für eine Temperaturdifferenz von 10 Graden R. in Milliontheilen der ganzen Länge. Die zwischen den Columnen in der Mitte stehenden Zahlen sind diejenigen, welche aus Beobachtungen von 20 Graden Temperaturdifferenz auf 10 Grade reducirt sind.

	0°–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–80°
Solide Glasstange paris Glas	116	114	117	114	119		119
	117		112		114		118
0,2 Lin. dicke Glasröhre paris.	116		111		114		
	117	111	110	122	111	110	
Stahl (engl. Huntsman) weich	132	138	132	137	134		
				136	134		
Stahl (Fischer's von Schafhaus.) weich	138		137		144		
	137		134		144		
Stahl (Steyerischer) weich	155	155	149	151	162		160
	153		150		160	165	159
Eisen	150	151	151		160		
	150		151		159		
Kupfer	206	219	207	212	220	220	
	210		209		217	216	

Digitized by Google

	0°–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–80°
Messing	234		245	234	243	241	238
	233	240	238	233	241		238
Zinn	261		263	263	263		
	260	262	260	262			
Blei	367		372	374			
	366	357			361		
Zink. a.	340		346		368		390
	358		370		360		379
Zink. b.	349	358	354	363	404	401	
	362	346	358	361	361	363	

Aus diesen Versuchen ergiebt sich sehr augenfällig, dafs die von DE Lüc beobachtete wachsende Ausdehnung des Glases innerhalb der beiden festen Puncte des Thermometers durchaus unbegründet ist. HORNER macht es auch sehr wahrscheinlich, dafs und wie aus jener Art der Beobachtung ein solcher Fehlschlufs entstehen mufste; nämlich indem de Lüc das Wasser bis 70° R. erhitzte, und dann erkalten liefs, so konnte die nicht allzudicke Glasröhre dem Erkalten des Wassers eher folgen, als das in der Mitte befindliche Thermometer, und die Zusammenziehungen mufsten daher in den höheren Graden am beträchtlichsten seyn, wo diese Differenz wegen der schnelleren Temperaturverminderung am gröfsten war. Weniger stehen die Resultate den durch HÄLLSTRÖM erhaltenen entgegen, wonach auch beim Eisen eine zunehmende Ausdehnung statt finden soll; allein theils sind die von dem schwedischen Physiker gefundenen Gröfsen der Zunahme auf allen Fall zu grofs, theils liegt gerade beim Eisen der Schmelzpunct so hoch, dafs eine wachsende Ausdehnung innerhalb verhältnifsmäfsig so enger Grenzen der Temperaturdifferenz, nämlich von 100° C. im höchsten Grade unwahrscheinlich wird. Berücksichtigt man aber die Unvollkommenheit des von Hällström gebrauchten Apparates, bei welchem unter andern der Einfluss der Wasserdämpfe auf die hölzerne Stange weder vermieden noch in Rechnung gebracht wurde, und vergleicht dagegen die grofse Genauigkeit der durch AUGUSTIN angestellten Messungen, bei denen keine Zunahme der Ausdehnung beim Eisen wahrgenommen wurde; so kann man mit vollem Rechte dieselbe bei diesem Metalle innerhalb

Digitized by Google

der festen Puncte des Thermometers für gleichförmig ansehen. Am ersten läfst sich noch eine wachsende Zunahme der Ausdehnung beim Zink annehmen, dessen Schmelzpunct ungleich niedriger, als der des Eisens liegt, und welches sich überhaupt vorzüglich stark ausdehnt. Indefs ist auch hierbei die Zunahme nicht so bedeutend, dafs sie auf die Compensation bei Uhrpendeln einen Einfluſs äufsern könnte. Insbesondere aber ergiebt sich aus den mitgetheilten Versuchen, dafs die Ausdehnung des dünnen Glases nicht stärker als des dicken ist, und keineswegs mit der Temperatur zunehmend, so dafs also dasjenige, was Dalton[1] zur Unterstützung seiner Theorie des Thermometers hieraus hernimmt, ganz ohne Grund ist. Dafs übrigens die Ausdehnung der verschiedenen Glassorten, und zwar nicht blofs in Beziehung auf Flintglas und Crownglas, sondern auch bei gleichartigen Glassorten um einige Milliontheile verschieden ist, haben aufser Horner und Lavoisier schon andere Beobachter gefunden. Ganz neuerdings hat Hällström abermals die Ausdehnung des Glases mit seinem früher gebrauchten Apparate gemessen, und dieselbe nicht nur mit der Wärme bedeutend zunehmend, sondern diese Zunahme auch durch kleine Differenzen der Temperatur so viel kleiner, durch grofse so viel gröfser gefunden, als alle übrigen Beobachter, dafs man die übereinstimmenden Resultate der letzteren unmöglich den seinigen nachsetzen kann, vielmehr diese für fehlerhaft halten mufs[2].

Dafs übrigens eine zunehmende Ausdehnung ohne Zweifel aller Körper in den weit über 100° C. hinausgehenden Temperaturen statt finde, ist hinlänglich erwiesen durch die neuesten Versuche, welche Dülong und Petit mit der gröfsten Sorgfalt angestellt haben[3]. Nachdem sie vorher die den verschiedenen Temperaturen zugehörige Ausdehnung des Quecksilbers vorzüglich genau bestimmt hatten, füllten sie

1 Chem. Phil. I. 4.

2 G. LXXVII. 159. Durch folgende Formel soll die Länge des Glases für t Grade des C. Thermometers gegeben werden. $G = 1 + 0{,}00000196t + 0{,}0000000105t^2$.

3 Annales de Chim. et de Phys. VII. 138. G. LVIII. 254.

eine Glasröhre mit diesem Metalle, entfernten Luft und Feuchtigkeit durch Auskochen desselben, erhitzten den bei 0° ganz gefüllten, in ein feines Haarröhrchen endigenden Apparat bis nahe an den Siedepunct des Quecksilbers, und bestimmten aus der Menge des auslaufenden Metalles bei der bekannten Ausdehnung dieses letzteren die unbekannte des Glases. Auf diese Weise fanden sie die Längen-Ausdehnung des Glases für 1° C. für die Temperatur von 0°—100° = 0,000008613; von 100°— 200° = 0,000009839; von 200°— 300° = 0,000010857. Die Beobachtungen sind nicht zahlreich genug, um einen allgemeinen Ausdruck für die Ausdehnung dieses Körpers zu finden. Ob die Ausdehnung des Glases sich mit der Zeit ändere, wie Crichton[1] behauptet, aber nicht wahrscheinlich ist, verdiente näher untersucht zu werden. Durch ein ähnliches Verfahren, indem sie nämlich Stangen in ein Gefäfs mit Quecksilber setzten, fanden sie die Ausdehnung für 1° C.

des Eisens von 0° — 100° = 0,000012666 bei 300° = 0,000015735

des Kupfers von 0° — 100° = 0,000018411 bei 300° = 0,000020180

des Platin von 0° — 100° = 0,000009474 bei 300° = 0,000009839

welche Gröfsen die von Lavoisier und Laplace gefundenen sämmtlich um eine Kleinigkeit übertreffen. Ueber die Ausdehnung der Metalle in noch höheren Graden haben wir fast gar keine Versuche, was aus der Schwierigkeit derselben leicht erklärlich ist. Indefs will Rinmann[2] für die Temperaturdifferenz von 0° C. bis zur Weifsglühhitze die Ausdehnung bei Stahl = 0,0285650; bei Schmiedeisen = 0,0125000; bei Gufseisen = 0,0214250 gefunden haben. Zu allen hier mitgetheilten, in der unten angehängten Tabelle zusammengestellten Gröfsen der Ausdehnung der verschiedenen festen Körper läfst sich noch hinzusetzen, dafs das Palladium nach Wollaston[3] sich zwischen den fe-

1 Ann. of Phil. 1824. Apr. p. 244.

2 Thomson System d. Chem. übers. v. Wolf. Berl. 1805. I. 454.

3 Thomson Système de Chim. I. 84.

Digitized by Google

sten Puncten des Thermometers um 0,001000 der Einheit ausdehnen soll.

In den meisten Fällen kann die Temperatur der Körper, deren Ausdehnung man zur Correction der gemachten Messungen berechnen will, hinlänglich genau gefunden werden. Namentlich in denjenigen Fällen aber, wo die genaue Kenntnifs der linearen Ausdehnung am meisten berücksichtigt werden mufs, nämlich bei den Mefsstangen für höhere geodätische Operationen, ist die Bestimmung derselben schwer, theils wegen der Länge solcher Stangen, theils wegen der ungewissen Mittheilung der Wärme durch die Luft, und endlich weil eine partielle Berührung derselben mit der Hand oder eine Annäherung des Beobachters ganz unvermeidlich ist. Borda[1] hat daher ein sinnreiches Mittel aufgefunden, um sowohl die Temperatur als auch die Ausdehnung zu finden. Zu diesem Ende schrob er auf die Mefsstange von Platin eine andere etwas kürzere von Kupfer ganz fest; das freie Ende der ersteren war in Milliontheilchen ihrer ganzen Länge, und das darauf liegende der letzteren so getheilt, dafs diese Theile als Nonius der ersteren dienten. Durch die ungleiche Ausdehnung beider Metalle müssen diese Theilungen sich über einander hinschieben, und bei der bekannten Ausdehnung jedes einzelnen läfst sich durch ihren Unterschied die Temperatur und somit auch die dieser zugehörige Ausdehnung finden, wobei die kleinen Theilstriche mit einer Loupe abgelesen werden. Sind nämlich L und l die Längen der Stangen von Platin und Kupfer, D und d ihre linearen Ausdehnungen, für 1° C.; L′ und l′ aber ihre Längen bei einer Temperatur = t; so ist $L' = L(1+Dt)$ und $l' = l(1+dt)$, also $L - l - (L' - l') = t(ld - LD)$ wovon der erste Theil die Veränderung des Unterschiedes beider Stangen, oder denjenigen Theil bezeichnet, um welchen der Nonius der Kupferstange auf der Theilung der Platinstange weiter gerückt ist. Beträgt dieser n Theile bei t°, und ist die absolute Länge eines Theiles = δ, so ist $L - l - (L' - l') = n\delta$; also $n\delta = t(ld - LD)$. Wenn hierin n genau abgelesen, d und D oder nur die Differenz $(ld - LD)$ ge-

1 Biot Traité. I. 164.

Digitized by Google

man bekannt ist, so bleibt t die einzige unbekannte Gröfse, welche durch zwei genaue Messungen bestimmt werden kann. Hätte man also bei der Siedehitze N Theile abgelesen, so wäre $N\delta = 100°(ld - LD)$ woraus $\frac{N\delta}{100°} = (ld - LD)$. Diesen Werth in die Formel $n\delta = t(ld - LD)$ substituirt, giebt $t = \frac{n}{N} 100°$. Es bedarf hierbei indefs nicht gerade einer Messung bei 0° oder bei 100°, sondern die Messungen können bei jeder Temperatur gemacht, und hieraus die zur Bestimmung von t erforderlichen Gröfsen n und N gefunden werden. Denn wenn diese letzteren unbekannt sind, die Beobachtungen aber bei den Temperaturen t' und t'' angestellt werden; so ist $t' = \frac{n}{N} 100°$, $t'' = \frac{(n + n')}{N} 100°$, woraus $n = \frac{n't'}{t'' - t'}$ und $N = \frac{n'}{t'' - t'} 100°$ gefunden wird.

Dafs man übrigens diese Methode auch anwenden könne, um aus der bekannten Ausdehnung der einen Stange die der andern zu finden, fällt leicht in die Augen. Ist nämlich in der obigen Formel $n\delta = t(ld - LD)$ alles übrige bekannt, aufser d oder D, so kann jede einzelne dieser beiden Gröfsen leicht gefunden werden.

Wenn die lineare Ausdehnung eines festen Körpers diesen als Einheit genommen, in Theilen desselben ausgedrückt $= k$ für 1 Grad irgend einer Thermometerscale ist, und man will die Länge desselben bei irgend einer um t Grade des nämlichen Thermometers höheren Temperatur $= L'$ auf die Länge desselben bei einer niedrigern Temperatur $= L$ reduciren, so ist einfach $L' = L(1 + kt)$. Bildet aber ein Körper eine Fläche, so ist die durch die Wärme ausgedehntere gröfsere Fläche $F' = F(1 + kt)^2$, und für einen Körper, von welcher Form er seyn mag, ist $K' = K(1 + kt)^3$. Weil bei allen festen Körpern die Gröfse k gegen die Einheit sehr klein ist, so kann man bei F' und K' die höheren Potenzen von k füglich weglassen, und indem man L, F und K als die Einheit nimmt, so ist $L' = L(1 + kt)$; $F' = F(1 + 2kt)$ und $K' = K(1 + 3kt)$. Will man aber aus den bekannten

Digitized by Google

Gröfsen bei höheren Temperaturen die bei niedrigern finden, so ist $L = \frac{L'}{1+kt}$; $F = \frac{F'}{1+2kt}$ und $K = \frac{K'}{1+3kt}$. Sollen aber die Ausdehnungen für sich gefunden werden, so ist $\frac{L'-L}{L} = kt$; $\frac{F'-F}{F} = 2kt$ und $\frac{K'-K}{K} = 3kt$. Ist aber endlich die Ausdehnung des Volumens $= 3kt$ bekannt, so findet man ganz einfach die lineare durch die Division mit 3 t, und eben so aus der bekannten Flächenausdehnung durch die Division mit 2 t. Diese Formeln geben für alle jetzt bekannte feste Körper hinlängliche Genauigkeit[1]. Noch verdient hier bemerkt zu werden, dafs Leutmann nach einer irrigen Ansicht der Sache annahm, ein Ring z. B. werde in Folge der Ausdehnung durch Wärme nach Innen enger, nach Aufsen weiter[2]. Dafs dieses unrichtig sey, davon überzeugt man sich bald, wenn man nur berücksichtigt, dafs jeder Ring, und so auch jede Kugel, als aus einer Summe über einander liegender, mit wachsenden Radien gezogener körperlicher Kreise angesehen werden könne, welche sich sämmtlich nach gleichem Gesetze verlängern[3].

Endlich hat Pictet durch eine Reihe sehr genauer Versuche über die Ausdehnung des Eisens gefunden, dafs dasselbe einer plötzlichen Temperaturveränderung ausgesetzt, sein voriges Volumen nicht genau wieder erhält[4]. Die Sache läfst sich leicht daraus erklären, dafs die zuerst abgekühlten oder erhitzten Theile bei dem Widerstande der übrigen sich verlängern oder verkürzen müssen, welches dann eine Veränderung des Ganzen nach sich zieht. Eben so fand derselbe, dafs ein äufserer mechanischer Druck die Wirkung der Ausdehnung vermindert, indem überhaupt ausgedehntes oder zusammengedrücktes Eisen nach dem Aufhören des Einflusses der äufsern Gewalt sein voriges Volumen, wenigstens für eine Zeit lang, nicht wieder erhält. Eine Anwendung hiervon auf andere Metalle läfst sich mit grofser Wahr-

1 Soldner bei G. XXV. 414. Biot Traité. I. 161.
2 Comm. Soc. Imp. Petr. 1729. T. IV. p. 220.
3 Hällström bei G. XIV. 500.
4 Biblioth. Univ. I. 199.

scheinlichkeit machen. Die so eben erst durch Mitscherlich beobachtete ungleiche Ausdehnung der Kalkspathkrystalle [1] ist eine so auffallende und wichtige Entdeckung, dafs die Sache die sorgfältigste Prüfung durch wiederholte Versuche verdient.

Die nachfolgende Tabelle giebt eine möglichst vollständige Uebersicht der linearen Ausdehnung der untersuchten festen Körper zwischen den festen Puncten des Thermometers, indem die darin angegebene Gröfse diejenige ist, welche sie bei der Siedehitze des Wassers haben, ihre Länge bei dem Gefrierpuncte desselben = 1 gesetzt, nebst den Namen der Beobachter. Um aber auch die mit einem constanten Fehler behafteten, übrigens aber genauen Resultate von Ellicot, Herbert und Berthoud mit aufnehmen zu können, hat Horner [2] sich die Mühe gegeben, diese auf die bei allen Beobachtern am meisten übereinstimmende Ausdehnung des Kupfers = 1,001710 zu reduciren.

Substanzen.	Gröfse bei 100° C.	Beobachter.
Palladium . . .	1,00100000	Wollaston
Platin	1,00085655	Borda
	. . 99180	Troughton
	. . 85700	Guyt. Morveau
	. . 98390	Dülong u. Petit
Gold	1,00140100	Ellicot
	. . 131100	Bertthoud
	. . 147500	G. Morveau
feines (de départ) .	. . 146606	Lavoisier
nicht geglühet . .	. . 155155	„ „
geglühet . . .	. . 151361	„ „
Silber	1,00197800	Ellicot
	. . 207000	Herbert
	. . 190500	Berthoud
	. . 198800	G. Morveau
	. . 208260	Troughton
Kapellens. . . .	. . 190974	Lavoisier

1 Ann. de Chim. et de Ph. XXVI. 222. Vergl. XXV. 108.
2 Handschr. Mittheil.

Digitized by Google

Substanzen.	Gröfse bei 100° C.	Beobachter.
Pariser	1,00190868	Lavoisier
Eisen	1,00114600	Ellicot
	. . 117200	Herbert
	. . 119200	Berthoud
	. . 110000	G. Morveau
Draht	1,00114010	Troughton
	. . 123504	Lavoisier
Schmiedeeisen . .	1,00122045	„ „
	. . 125833	Smeaton
	. . 115600	Borda
	. . 114560	Schwerd
	. . 115600	Tralles
	. . 111155	Augustin
	. . 111545	„ „
	. . 112330	„ „
	. . 114550	„ „
	. . 144600	Hällström
	. . 126660	Dülong u. Petit
	. . 116800	Horner
Gufseisen	1,00110940	Roy
Stahl, gehärtet . .	1,00122500	Smeaton
	. . 137500	Berthoud
bei 30° angel. . .	. . 136900	Lavoisier
desgl.	. . 138600	„ „
bei 65° angel. . .	. . 123956	„ „
weicher	. . 107500	Ellicot
	. . 118990	Troughton
	. . 115000	Smeaton
	. . 107875	Lavoisier
	. . 107956	„ „
	. . 110400	Berthoud
Stahlstange . . .	. . 114470	Roy
	. . 116000	de Lüc
Steierischer . . .	. . 115200	Horner
Huntsman St. . . .	. . 107400	„ „
Fischerscher a. Schafh.	. . 111200	„ „
Kupfer	1,00171000	Ellicot

Digitized by Google

Substanzen.	Gröfse bei 100 °C.	Beobachter.
Kupfer, geschlagenes	1,00170000	Smeaton
	. . 191880	Troughton
	. . 179000	G. Morveau
	. . 178400	Borda
	. . 172244	Lavoisier
	. . 171222	„ „
	. . 184110	Dülong u. Petit
	. . 170900	Horner
Messing	1,00182300	Ellicot
	. . 193332	Smeaton
Messingdraht . .	. . 188500	Herbert
gegossene . . .	. . 187500	Smeaton
	. . 193400	Berthoud
	. . 186671	Lovoisier
	. . 188971	„ „
Engl. Stabm. . . .	. . 189280	Roy
Hamburger . . .	. . 185540	„
Tyroler Taf. M. . .	. . 190300	Horner
Wismuth	1,00139167	Smeaton
Bronze	1,00181667	„ „
16 Th. Mess. 1 Th.		
Zinn	1,00190833	„ „
Spiegelmetall . . .	1,00193333	„ „
Zinkloth, 1 Th. Zink		
2 Th. Kupf. . . .	1,00205833	„ „
Klempnerloth . .	1,00250533	„ „
Spiefsglanz . . .	1,00108330	„ „
Zinn, gemeines . .	1,00248330	„ „
feines	. . 228330	„ „
	. . 232200	Herbert
	. . 255700	Berthoud
	. . 216400	Guyt. Morveau
	. . 209300	Horner
von Fallmouth . .	. . 217298	Lavoisier
von Malacca . . .	. . 193765	„ „
Blei	1,00288200	Ellicot
	. . 286667	Smeaton

Digitized by Google

Substanzen.	Gröfse bei 100° C.	Beobachter.
Blei	1,00287300	Herbert
	308600	Berthoud
	271900	Guyt. Morveau
	284836	Lavoisier
	290200	Horner
Zink, gegossen	1,00294167	Smeaton
	305100	Guyt. Morveau
	296800	Horner
gehämmert	310833	Smeaton
Glas, weifses	1,00083333	„ „
	94400	Herbert
	99100	Berthoud
	86100	Dülong u. Petit
Glasstab	80787	Roy
Glasröhre	77615	„
von St. Gobain	89089	Lavoisier
Gemeine Glasröhre	87572	„ „
desgl. andere	89760	„ „
desgl. andere	91751	„ „
Engl. Flintg.	81166	„ „
Franz. Flintg.	87199	„ „
Dünne Glasröhre	92100	Horner
von 0,2 L. Glasdicke	91300	„ „
Massive Stange	91900	„ „
	92500	„ „
Eis	1,02451200	P. Heinrich
Tannenkohle	1,00100000	„ „
Eichenkohle	1,00120000	„ „

B. Ausdehnung der tropfbar flüssigen Körper.

Die Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten ist im Allgemeinen stärker und bei den meisten innerhalb der festen Puncte des Thermometers weit weniger regelmäfsig, als die der festen Körper, wie damit übereinstimmt, dafs sie zum Theil beim Siedepuncte des Wassers, oder noch beträchtlich unter demselben eine Veränderung ihres Aggregatzustandes,

Digitized by Google

d. h. einen Uebergang von tropfbarer Flüssigkeit zur Expansion erleiden. Zu den Untersuchungen der Gesetze ihrer Ausdehnung hat man verschiedene Apparate gebraucht, und mehrere Verfahrungsarten angewandt, deren wesentlichste hier kurz zu beschreiben um so weniger überflüssig seyn möchte, als noch weitere genaue Versuche in diesem Gebiete sehr wünschenswerth sind. In der Hauptsache sind indefs alle hierzu geeignete Apparate den Thermometern ähnlich, und bestehen aus einem weiteren Gefäfse mit einer engen Röhre, in welcher letzteren die Gröfse der Ausdehnung der ganzen Menge der Flüssigkeit durch die Verlängerung des eingeschlossenen Cylinders gemessen wird. Hiernach kommt es also vorzüglich darauf an, das Verhältnifs des Inhalts der Röhre zum Gesammtinhalte des ganzen Apparates genau zu bestimmen.

a. Mühsam, und keineswegs vollkommen sicher ist ein ehemals häufig angewandtes Verfahren, nämlich mit einem kleinen gläsernen Becher gleiche Quantitäten Quecksilber zu schöpfen, hiermit das zum Messen bestimmte Gefäfs nebst der Röhre zu füllen, die hierzu erforderliche Menge zu zählen, und den Raum, welchen ein einzelner Becher voll Quecksilber in der Röhre einnimmt, aufserhalb zu bezeichnen, um hiernach das Verhältnifs der Länge eines Cylinders der Flüssigkeit in der Röhre zum Inhalte des ganzen Apparates zu kennen [1].

b. Bei weitem das leichteste und sicherste Verfahren ist folgendes. Man nehme eine genau calibrirte Glasröhre [2], blase an dieselbe eine der Weite der letzteren proportionale Kugel, tarire den Apparat, fülle ihn mit reinem und trocknem Quecksilber bis etwas in die Röhre, koche dieses bei dem Erfordernisse einer sehr grofsen Genauigkeit über Kohlen etwas aus, um anklebende Luft und Feuchtigkeit zu entfernen, wiege aufs Neue, um die Quantität des hineingegossenen Quecksilbers genau zu wissen, bezeichne den Punct, welchen es in der Röhre erreicht, als Normalpunct, mit 0, wiege ein Zehntel dieser Quantität genau ab, fülle dieses mit sorgfältiger Herstellung der anfänglichen Normaltemperatur und Wegschaffung der etwa anklebenden Luft-

1 Biot Traité I. 51.

2 Ueber d. Methoden d. Calibrirens; s. *Thermometer.*

Digitized by Google

blasen in die Röhre, und bezeichne abermals den Stand des Quecksilbers, so beträgt der Inhalt zwischen der 0 und diesem Puncte 0,1 des Ganzen, wonach diese Länge in 100 Theile getheilt Tausendtheile des Ganzen vermittelst der angebrachten Scale angiebt. Letztere kann man entweder auf die Röhre mit Flufssäure ätzen [1], oder mit Diamant ritzen, oder sie auf Papier tragen, dieses vermittelst etwas Mehlkleister an die Röhre kleben und mit Leinöl tränken [2]. Füllt man den so gefertigten Apparat bei 0° Temperatur mit der zu prüfenden Flüssigkeit bis an den Nullpunct der Scale, und erwärmt ihn allmälig im Wasser oder einer sonstigen geeigneten Flüssigkeit, so geben die Theile der Scale Tausendtheile der Ausdehnung unmittelbar an, welche aber für die Ausdehnung des einschliefsenden Gefäfses corrigirt werden müssen.

Die Nothwendigkeit, beim Messen der Ausdehnung von Flüssigkeiten, welche in Gefäfsen eingeschlossen sind, auf die Ausdehnung der Hüllen Rücksicht zu nehmen, hat man schon lange gekannt, wie aus einem alten sehr sprechenden Versuche hervorgeht [3]. Wenn man nämlich eine etwas grofse Kugel eines mit Weingeist oder Quecksilber gefüllten Thermometers schnell in heifses Wasser oder in eine kaltmachende Mischung taucht, so wird die Flüssigkeit in demselben durch die Ausdehnung des Glases der Kugel in jenem Falle erst sinken, in diesem erst steigen, ehe die entgegengesetzte Wirkung eintritt. Werden demnach die Versuche, wodurch die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten gefunden werden soll, mit einem gläsernen Apparate angestellt, und ist die lineare Ausdehnung des Glases für

---

1 S. *Barometer, Scale.*

2 Vergl. J. P. Neumann Lehrbuch d. Physik. Wien 1820. 2 Th. II. 135. Gay-Lüssac in Ann. de Chim. et de Phys. II. 130. Eine etwas andere, zwar zweckmäfsige, aber mühsamere Methode hat Sulzer angegeben. S. *Thermometer.* Zum Einbringen des Quecksilbers in die enge Röhre bedient man sich eines papiernen Trichters, und zur Fortschaffung der Luft eines feinen Fischbeinstäbchens oder eines dünnen Grashalmes.

3 Amoutons in Mém. de l'Ac. 1700. p. 153. 1705. p. 101. ed. Bat. Homberg in Mém. de l'Ac. 1710. p. 563. Bülfinger in Com. Pet. I. p. 332. III. 240. Leutmann in Com. Pet. IV. 216.

Digitized by Google

$1° C. = k$, die Temperatur bei der Beobachtung in Graden der Centesimalscale des Thermometers $= t$, das beobachtete Volumen $= V$, so ist das corrigirte Volumen $V' = V(1 + 3kt)$[1]. Nennt man ferner allgemein die Ausdehnung der Flüssigkeit δ, das Volumen derselben, gleich viel auf welche Grade der Scale sie ursprünglich zeigt, bei der niedrigern Temperatur v, dasjenige Volumen, welches dieselbe bei der Temperatur von t Graden C. einnimmt, v', so ist $v(1+\delta) = v'(1 + 3kt)$, woraus $\delta = \frac{v'-v}{v} + \frac{v'3kt}{v}$ gefunden wird. Dafs man übrigens bei diesen Versuchen sowohl das Verdunsten eines Theiles der Flüssigkeit durch die Hitze vermeiden, als auch die in derselben befindliche Luft vorher sorgfältig wegschaffen müsse, versteht sich von selbst.

c. Ein ähnliches, sehr sinnreiches Verfahren hat Gay-Lüssac[2] angewandt, um die Ausdehnung, namentlich des Quecksilbers zu finden. Er bediente sich nämlich eines eben beschriebenen, genau graduirten Apparates, zog das Ende der Röhre in eine feine Spitze aus, deren Inhalt als verschwindend klein unbeachtet bleiben konnte, füllte das Ganze mit Quecksilber, erhitzte den Apparat in siedendem Wasser, wobei ein Theil des ausgedehnten Quecksilbers ausfloss, und mafs nach dem Erkalten bis zum Gefrierpuncte die Zusammenziehung aus dem leeren Raume der Röhre.

d. G. G. Schmidt[3] wandte ein hiervon verschiedenes, gleichfalls sehr beifallswerthes Verfahren an, um die Ausdehnung der Flüssigkeiten zu finden, indem er sich des von ihm verbesserten Fahrenheitschen Aräometers bediente, und mit demselben den Unterschied der spec. Gew. bestimmte. Indem nämlich die Ausdehnung dem spec. Gew. umgekehrt proportional ist, so läfst sich die erstere aus der letzteren leicht berechnen, mufs aber gleichfalls we-

---

1. S. oben.
2. Biot Traité. I. 198.
3. Gren N. J. I. 216.

Digitized by Google

gen der Ausdehnung des Aräometers durch die Wärme corrigirt werden. Nennt man auch hierbei die Ausdehnung der Flüssigkeit δ, ihr spec. Gew. bei der niedrigern Temperatur d, bei der höheren d', den Unterschied der Temperaturen in Graden der C. Scale t, die Längenausdehnung der Substanz des Aräometers für 1° C. = k, so ist $\delta = \frac{d - d'}{d} + \frac{d}{d'} 3\,k\,t$. Dafs man diese Abwägungen auch mit einem an der hydrostatischen Waage aufgehangenen Körper von Glas, Platin u. s. w. vornehmen, und auf gleiche Weise berechnen könne, fällt leicht in die Augen[1].

c. Man kann sich zu diesen Versuchen ferner auch des oben beschriebenen Hombergschen Aräometers bedienen[2], indem man ein tarirtes Gefäfs zuerst bei einer niedrigern Temperatur mit einer zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt wiegt, dann die Temperatur desselben um gemessene Grade erhöhet, wodurch eine Quantität der Flüssigkeit ausfliefst, und hierauf abermals wiegt. Ist hierbei die Temperatur genau bestimmt, und werden die übrigen, diesem Aräometer eigenthümlichen, aus dem Anhängen der überlaufenden Flüssigkeit an den Wänden des Gefäfses leicht entstehenden Fehler vermieden, welches beides übrigens sehr schwierig ist, so erhält man auch hiermit genaue Resultate, welche wegen der Ausdehnung des Gefäfses leicht corrigirt werden können. Ist nämlich das Gewicht der Flüssigkeit bei einer niedrigern Temperatur P, bei einer höheren P', und bleiben die übrigen Bezeichnungen wie oben, so ist $\delta = \frac{P - P'}{P'} + \frac{P}{P'} 3\,k\,t$.

f. Eine sinnreiche Methode endlich, welche schon von Boyle vorgeschlagen, von Dülong und Petit aber zur genauen Bestimmung der Ausdehnung des Quecksilbers angewandt

1 Tralles bei G. XXVII. 249. Biot Traité. I. 201. Vergl. Hällström bei G. XIV. 297.

2 S. *Aräometer.*

Fig. 101. ist [1], besteht darin, dafs zwei gleiche Röhren A A′ durch ein langes feines Röhrchen B B′ verbunden, und mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt werden. Bei gleicher Temperatur stehen sie in gleichem Niveau. Wird aber die eine Röhre in ein Gefäfs mit Eis gesetzt, die andere dagegen in einem Behälter mit Oele erhitzt, so wird die Flüssigkeit in letzterer höher stehen. Der Ueberschufs vermittelst eines Mikrometers oder eines Fernrohres gemessen, die Temperatur an einem Luftthermometer D′E′G′H′K ; D E L (oder einem genauen Quecksilberthermometer) bestimmt, giebt die Ausdehnung der Flüssigkeit in Theilen des Ganzen ohne Correction unmittelbar [2].

Die bekannteste und umfangendste Reihe von Versuchen über die Ausdehnung der Flüssigkeiten hat J. A. de Lüc angestellt [3], welche indefs den eigentlichen Zweck deswegen nicht vollständig erreichen, weil er bei allen seinen thermometerartigen Apparaten den Standpunct im siedenden Wasser mit 80, den im schmelzenden Schnee mit 0 bezeichnete, die sämmtlichen Scalen in 80 gleiche Theile theilte, und dann die Grade, welche sie mit dem Quecksilber verglichen durchliefen, aufzeichnete. Seine sämmtlichen Apparate waren nämlich Thermometer mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt, übrigens genau gemacht, die Röhren sorgfältig calibrirt, die Flüssigkeiten durch Hitze von Luft möglichst gereinigt, und dann zur Vermeidung des Verdunstens die offenen Enden bei hohen Graden der Hitze zugeschmolzen. Eine Vergleichung der verschiedenen Stände bei gleichen Temperaturen giebt folgende Tabelle.

---

1 Ann. de Ch. et de Ph. VII. 127. Der sinnreich construirte Apparat ist aus der Zeichnung kenntlich.

2 Ein ähnliches, minder genaues Verfahren giebt Bellani an. S. Brugnat. Giorn. Bim. II. VI. 278. Noch einige, vorzüglich beim Wasser anwendbare Methoden S. unten bei Ausdehnung d. Wassers.

3 Phil. Tr. LXVIII. 503. Vollständiger in Untersuchungen über d. Atmosphäre, d. Ueb. Leipz. 1776 2 Th. 8. I. 425.

Digitized by Google

Quecksilb.	Olivenöl.	Kamillenöl.	Quendelöl.	Gesättigte Salzsole.	Alkohol.	1 Th. Alkoh. 1 Th. Wass.	1 Th. Alkoh. 3 Th. Wass.	Wasser.
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
75	74,6	74,7	74,3	74,1	73,8	73,2	71,6	71,0
70	69,4	69,5	68,8	68,4	67,8	66,7	62,9	62,0
65	64,4	64,3	63,5	62,6	61,9	60,6	55,2	53,5
60	59,3	59,1	58,3	57,1	56,2	54,8	47,7	45,8
55	54,2	53,9	53,3	51,7	50,7	49,1	40,6	38,5
50	49,2	48,8	48,3	46,6	45,3	43,6	34,4	32,0
45	44,0	43,6	43,4	41,2	40,2	38,4	28,4	26,1
40	39,2	38,6	38,4	36,3	35,1	33,3	23,0	20,5
35	34,2	33,6	33,5	31,3	30,3	28,4	18,0	15,9
30	29,3	28,7	28,6	26,5	25,6	23,9	13,5	11,2
25	24,3	23,8	23,8	21,9	21,0	19,4	9,4	7,3
20	19,3	18,9	19,0	17,3	16,5	15,3	6,1	4,1
15	14,4	14,1	14,2	12,8	12,2	11,1	3,4	1,6
10	9,5	9,3	9,4	8,4	7,9	7,1	1,4	0,2
5	4,7	4,6	4,7	4,2	3,9	3,4	0,1	0,4
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- 5	—	—	—	- 4,1	- 3,9	—	—	—
- 10	—	—	—	- 8,0	- 7,7	—	—	—

G. G. Schmidt erhielt aus seinen oben erwähnten Versuchen folgende vergleichbare Dichtigkeiten verschiedener Flüssigkeiten, welche für die Ausdehnung des gebrauchten Aräometers schon corrigirt sind.

Digitized by Google

t. R.	Wasser	Weingeist	Terpentinöl	Olivenöl	1 Th. Alkali 1 Th. Wasser	1 Th. Salz 4 Th. Wass.	Doppelt-Scheidewasser	Vitriolöl.
5	10014,312	—	—	—	—	—	—	—
10	10010,084	830,31	—	—	—	—	—	—
15	10000,000	827,21	888,40	917,70	—	1142,00	1170,20	1893,00
20	9985,774	822,84	882,25	912,35	—	1138,85	1166,85	1883,85
25	9968,465	816,40	877,96	907,00	1084,40	1135,80	1161,70	1878,83
30	9948,073	810,64	872,80	902,55	1082,66	1132,55	1157,25	1871,44
35	9924,598	804,83	867,40	900,20	1079,00	1129,10	1152,40	1864,00
40	9898,040	799,38	863,45	896,05	1076,36	1125,35	1148,05	1855,38
45	9868,409	795,60	856,63	890,80	1073,65	1121,85	1142,10	1849,73
50	9835,695	—	850,95	886,02	1064,06	1119,15	1135,35	1843,95
55	9799,898	—	846,10	882,50	1061,35	1115,30	—	1837,80
60	9761,018	—	—	877,02	1057,30	1110,15	—	1831,65
65	9719,055	—	—	—	1052,35	1106,50	—	1824,76
70	9674,009	—	—	—	—	1103,85	—	1819,35
75	9625,880	—	—	—	—	1097,10	—	1813,35
80	9574,668	—	—	—	—	—	—	—

Digitized by Google

Obgleich sich die Ausdehnung der untersuchten Flüssigkeiten aus diesen Angaben nicht darstellen läfst, weil sie nicht von einem festen Puncte, namentlich dem Gefrierpuncte ausgehen, und sich bei der bekannten Ungleichförmigkeit der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten diese fehlenden Angaben nicht mit Sicherheit interpoliren lassen, so sind sie bei ihrer Genauigkeit doch höchst wichtig, um die später zu erörternde Frage über ein allgemeines Gesetz der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten zu entscheiden.

Sehr sorgfältige Versuche, jedoch blofs über die Ausdehnung des Wassers hat Charles mit einem, dem ebengenannten ganz gleichen Apparate, *hydromètre thermométrique* genannt[1], durch Biot[2] veranlafst, angestellt. Das absolute Gewicht des Apparates, auf den leeren Raum reducirt, betrug 90303 Milligramme, zu denen bei den neben-

1 S. *Aräometer.*

2 Traité. I. 414. Obgleich die Berechnung der Versuche nach der eben gegebenen Formel füglich angestellt werden kann, so wird die Wichtigkeit der Sache doch gestatten, auch die von Biot angegebene Berechnungsart hier kurz zu erwähnen. Hat man nämlich durch Einsenken in das Wasser bei dem bekannten Gewichte des letzteren das absolute Gewicht des Aräometers nebst den Auflegegewichten, und hiernach auch das absolute Gewicht und den kubischen Inhalt des aus der Stelle verdrängten Wassers bei 0° Temp. gefunden, und nennt dieses (P); so ist nach obigen Bezeichnungen (S. oben b) bei jeder andern Temperatur das Volumen des verdrängten Wassers $= (P)(1+3kt)$. Ist dann ferner das Normalgewicht eines gewissen Volumens der zu untersuchenden Flüssigkeit bei 0° Temperatur (π), die Ausdehnung durch Wärme $= \delta$, so ist das Gewicht der bei jeder andern Temperatur verdrängten Flüssigkeit $= \frac{(\pi)}{1+\delta}(P)(1+3kt)$, welches durch die Beobachtung gegeben wird, indem, wenn P das absolute Gewicht des Aräometers für den Punct der gröfsten Dichtigkeit der Flüssigkeit, oder $(P)(1+3kt')$, die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit des Wassers $= t'$ gesetzt, P' die Zulegegewichte bezeichnet, durch die es bis an den Normalpunct einsinkt, $\frac{(\pi)(P)(1+3kt)}{1+\delta}$ $= P+P'$ ist. Hieraus wird $(\pi) = \frac{(P+P)(1+\delta)}{(P)(1+3kt)}$ u. $\delta = \frac{(\pi)(P)(1+3kt)}{P+P} - 1$. Hat man diesemnach aus mehreren Beobachtungen δ bei verschiedenen Temperaturen gefunden, so läfst sich hieraus δt, oder die jeder Temperatur zugehörige Ausdehnung der Flüssigkeiten als Function der Temperatur finden, wie weiter unten gezeigt wird.

Digitized by Google

stehenden Temperaturen die in der Tabelle enthaltenen Millig. zugelegt wurden, um das Einsinken bis an den Normalpunct hervorzubringen.

t. R.	P′	t. R.	P′	t. R.	P′
1	1310	17	1200	34	660
2	1315	18	1180	35	620
3	1320	19	1160	36	580
4	1325	20	1140	37	540
4,75[1]	1330	21	1110	38	500
5	1329	22	1080	39	450
6	1327	23	1050	40	400
7	1324	24	1020	41	350
8	1320	25	990	42	300
9	1315	26	960	43	250
10	1310	27	930	44	200
11	1295	28	895	45	150
12	1285	29	860	46	90
13	1270	30	825	47	30
14	1255	31	785	47,5	00
15	1240	32	745		
16	1220	33	705		

Newton untersuchte die Ausdehnung des Leinöls, und fand das Verhältnifs des Volumens bei 0°, 37,°78 und 100° C. = 100000; 102760 und 107250; Thomson aber untersuchte die Ausdehnung der Schwefelsäure, Salpetersäure und des Terpentinöls, Blagden und Gilpin des Quecksilbers, Wassers und Alkohols, welche sämmtlich durch Thomson[2] in eine Tabelle gebracht, folgende Uebersicht gewähren:

---

1 Scheinbarer Punct der gröfsten Dichtigkeit.

2 System d. Chemie. Berlin 1805. I. 451.

Digitized by Google

t. C.	Quecks.	Schwefelsäure	Salpetersäure	Wasser	Terpentinöl	Alkohol
0,00	100000	———	———	———	———	100000
4,45	100081	99752	99514	———	———	100539
10,00	100183	100000	100000	100023	100000	101015
15,56	100304	100279	100468	100091	100460	101688
21,11	100406	100558	100990	100197	100993	102281
26,67	100508	100806	101530	100332	101471	102890
32,22	100610	101054	102088	100694	101931	103517
37,78	100712	101317	102620	100908	102446	104162
43,33	100813	101540	103196	———	102943	———
48,89	100915	101834	103776	101404	103421	———
54,44	101017	102097	104352	———	103954	———
60,00	101119	102320	105132	———	104573	———
65,56	101220	102614	———	102170	———	———
71,11	101322	102893	———	———	———	———
76,67	101424	103116	———	———	———	———
82,22	101526	103339	———	———	———	———
87,78	101628	103587	———	103617	———	———
93,33	101730	103911	———	———	———	———
100,0	101835	———	———	104577	———	———

Unter die wichtigsten Versuche gehören ohne Streit diejenigen, welche Gay-Lüssac[1] anstellte, indem er vier Flüssigkeiten von ihrem Siedepuncte an von 5 zu 5 Graden C. erkalten liefs, und ihre Zusammenziehungen in Tausendtheilen der Einheit bestimmte. Die Siedepuncte waren: des Wassers 100°; des Alkohols 78,41; des Schwefelkohlenstoffs 46,60; des Schwefeläthers 35,66. Ihre Zusammenziehungen waren folgende:

t. C.	Wasser	Diff.	Alkohol	Diff.	Schwef. Koklenst.	Diff.	Schwefeläther	Diff.
0	0,00	3,34	0,00	5,55	0,00	6,14	0,00	8,15
5	3,34	3,27	5,55	5,88	6,14	5,87	8,15	8,02
10	6,61	3,89	11,43	6,08	12,01	5,97	16,17	7,99
15	10,50	2,65	17,51	5,83	17,98	5,82	24,16	7,67
20	13,15	2,81	23,34	5,81	23,80	5,85	31,83	7,31
25	16,06	2,79	29,15	5,59	29,65	5,41	39,14	7,28
30	18,85	2,67	34,74	5,54	35,06	5,42	46,42	5,64
35	21,52	2,68	40,28	5,40	40,48	5,29	52,06	6,71
40	24,10	2,40	45,68	5,17	45,77	5,30	58,77	6,71
45	26,50	2,06	50,85	5,17	51,08	5,20	65,48	6,53

1. Ann. de Chim. et de Ph. II. 130.

t. C.	Wasser	Diff.	Alkohol	Diff.	Schwef. Kohlenst.	Diff.	Schwefeläther	Diff.
50	28,56	2,04	56,02	4,99	56,28	4,86	72,01	6,37
55	30,60	1,82	61,01	4,95	61,14	5,07	78,38	
60	32,42	1,60	65,96	4,78	66,21		——	
65	34,02	1,45	70,74	4,74	——		——	
70	35,47	1,23	75,48	4,63	——		——	
75	36,70		80,11		——		——	

Die Uebersicht dieser, von den verschiedensten Beobachtern, gröfstentheils bei vorzüglichster Genauigkeit der Versuche, erhaltenen Resultate zeigt genügend, dafs die tropfbaren Flüssigkeiten sich keineswegs, wie die festen Körper, für die Temperaturen zwischen den festen Puncten des Thermometers gleichmäfsig ausdehnen. Es ist daher auch unzureichend, die Gröfse ihrer Volumens-Vermehrung zwischen diesen Puncten zu kennen, weil man diese Gröfse den Graden der Wärme nicht proportional setzen kann. Die von Dalton[1] hierüber gefundenen, von Thomson[2] aufgenommenen Gröfsen sind daher ohne eigentlichen Werth. Nach ihm ist die Vermehrung des Volumens beim Siedepuncte, das bei 0 ° C. als Einheit angenommen, für

Salzsäure, sp. Gew.	= 1,137	0,0600
Salpetersäure, sp. G.	= 1,400	0,1100
Schwefelsäure, sp. G.	= 1,850	0,0600
Alkohol		0,1112
Wasser		0,0466
Gesättigte Salzsole		0,0500
Schwefeläther		0,0700
Leinöl und Olivenöl		0,0800
Terpentinöl		0,0700

Das vorzüglichste Resultat, welches die Physiker durch die wiederholten Versuche über die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten zu erhalten strebten, war, ein allgemeines Gesetz dieser Ausdehnung aufzufinden, welches aber bisher noch nicht gelungen ist, und der Natur der Sache nach nicht füglich erreicht werden kann. Dalton[3] stellt zwar die Be-

1 Chem. Phil. I. 36. ff.
2 Système de Chim. trad. par Riffaut. Par. 1818. I. 80.
3 Chem. Phil. I. 16.

hauptung auf, dafs alle homogenen Flüssigkeiten, wie Wasser und Quecksilber, von ihrem Gefrierpuncte, oder dem Puncte ihrer gröfsten Dichtigkeit an, sich um eine Gröfse ausdehnen, welche sich wie das Quadrat der Temperaturen von diesem Puncte an verhält; allein er nimmt zur Unterstützung dieser Hypothese zu so willkührlichen Behauptungen über die Ausdehnung des Glases seine Zuflucht, welche mit den oben mitgetheilten Erfahrungen durchaus nicht übereinstimmen, und setzt eine Unregelmäfsigkeit des Quecksilberthermometers voraus, welche den genauesten Beobachtungen über dieses Werkzeug widerstreitet, dafs die ganze Sache keiner weiteren Widerlegung bedarf. Folgende zwei Gesetze lassen sich dagegen als mit der Erfahrung übereinstimmend annehmen[1]. 1. Die Ausdehnung der Flüssigkeiten ist so viel stärker, je niedriger ihr Siedepunct liegt, oder je weniger Wärme sie bedürfen, um in gasförmigen Zustand überzugehen; 2. sie wächst bei allen mit zunehmender Temperatur. Indem aber das Gesetz der Zunahme der Ausdehnung bei steigender Temperatur bei allen Flüssigkeiten verschieden ist, so läfst sich dasselbe nicht durch eine allgemeine Formel ausdrücken, sondern mufs für eine jede besonders gefunden werden.

Ausdehnung des Quecksilbers.

Vor allen Dingen war es von grofser Wichtigkeit, die Ausdehnung des Quecksilbers genau zu kennen, nicht blofs weil man diese Flüssigkeit vorzüglich zu Thermometern nimmt, sondern weil diese Bestimmung bei der Wärmecorrection des Barometers und sonstigen Messungen häufig in Anwendung kommt. Im Allgemeinen wird in Gemäfsheit der gleichen Grade des Quecksilberthermometers die Ausdehnung dieser Flüssigkeit innerhalb der festen Puncte des Thermometers für gleichmäfsig gehalten. Indefs wollen einige Physiker, namentlich Roy[2] eine zunehmende Ausdehnung desselben wahrgenommen haben, und andere, z. B. Robison[3] haben diese Behauptung als gültig angesehen, ohn-

1 Vergl. Thomson Syst. de Chim. I. 79.
2 Phil. Tr. LXVII. 653.
3 System of Mechanical Philos. III. 659.

geachtet nicht wohl begreiflich ist, wie dieses blofs vermittelst eines Quecksilberthermometers gefunden werden konnte. De Lüc, obgleich sich zu der Annahme hinneigend, dafs die Mitte der Temperatur zwischen 0° und 100° nicht auf 50° des Quecksilberthermometers falle, weil gleiche Quantitäten eiskaltes und siedendes Wasser nicht vollkommen diese Temperatur gaben, ist doch im Allgemeinen der Meinung einer gleichförmigen Ausdehnung des Quecksilbers zugethan [1], theils weil die im genannten Versuche erhaltene Differenz nur unbedeutend war, theils weil bei seiner oben erwähnten Vergleichung der mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllten Thermometer die beobachteten Differenzen derselben sich im Quecksilberthermometer ausglichen. Auch Flaugergues [2] erhielt aus einigen, mit grofser Sorgfalt angestellten Versuchen, das Resultat, dafs das Quecksilber zwischen — 25° bis 100° C. sich gleichförmig ausdehnt, und Gay-Lüssac fand bei seinen Versuchen über die Ausdehnung der Luft den Gang des Quecksilberthermometers den Zunahmen der Wärme direct proportional [3]. Am vollständigsten und mit gröfster Genauigkeit wurde diese Frage untersucht durch Dülong und Petit, indem sie aus der Vergleichung der Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers die letztere bestimmten [4]. Hierbei ergab sich, dafs von sehr niedriger Temperatur an, etwas über dem Gefrierpuncte desselben, bis über den Siedepunct des Wassers die Vergröfserung seines Volumens den Incrementen die Wärme direct proportional ist, wie folgende Zusammenstellung der erhaltenen Werthe in Graden der hunderttheil. Scala zeigt, welche für die Ausdehnung des Glases corrigirt sind.

---

1 Unters. üb. d. Atm. I. 355. Eine nähere Würdigung des angebenen Versuches s. unten: *Ausdehnung der Gasarten.*

2 J. de Ph. LXXXII. 401.

3 La Place Méc. Cel. IV. 270.

4 Ann. de C. et de Ph. VII. 118 ff.

Digitized by Google

Quecks. Therm.	Luft- Therm.	Quecks. Therm.	Luft- Therm.
— 36,29	— 36,18	0	0
— 34,72	— 34,84	100	100
— 33,31	— 33,40	150	148,70
— 32,27	— 32,13	200	197,05
— 31,63	— 31,54	250	245,05
— 31,26	— 31,04	300	292,70
— 30,46	— 30,59	360	350,00
— 29,68	— 29,64		

Das Quecksilber ist sonach eine Flüssigkeit, deren gleichmäfsige Ausdehnung zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers unbedenklich angenommen werden kann. Zahlreich und nicht wenig abweichend sind indefs die hierüber vorhandenen Bestimmungen. Setzt man das Volumen desselben beim Gefrierpuncte des Wassers = 1, so ist es beim Siedepuncte desselben nach Fahrenheit [1] = 1,01610; nach Deloigna [2] = 1,015955; nach Musschenbroek [3] = 1,014; nach Martine [4] = 1,0159167; nach de l'Isle [5] und Lalande [6] = 0,0150; nach de Lüc [7] = 0,0185; nach Schuckburg [8] = 1,0182; nach Roy [9] = 1,0170; nach Rosenthal [10] = 1,0171; nach Luz [11] = 1,0174; nach Herbert [12] = 1,0156; nach Cavendish [13] = 1,01872;

1 Musschenbroek Cours de Phys. II. 367.

2 Diss. sur la grad. du barom. simple. Verona 1765.

3 Cours de Ph. II. 361.

4 Essays Medical and Phil. 1740.

5 Mém. pour servir a l'hist. et aux progrès de l'Astronomie et de la Geogr. phys. à St. Petersb. 1738. 4. p. 267.

6 J. de Ph. LVII. 457. G. XVII. 102.

7 Ueb. d. Atmosph. §. 364. I. 318.

8 Phil. Tr. LXVII. p. 513.

9 Ebend. p. 653.

10 Beiträge zur Verfert. Kenntnifs und Gebrauch meteorol. Werkzeuge. Gotha 1782—84. 2 Vol. 8.

11 Beschreib. von Bar. §. 77.

12 Diss. de Igne. Vienn. 1773.

13 Phil. Tr. LXVI. 380.

Digitized by Google

nach Dalton [1] = 1,0200; nach Casbois [2] = 1,01495; nach Cavallo [3] = 1,01495; nach Cotte [4] = 1,015385; nach Hällström [5] = 1,01758. Unter die genauesten Angaben gehört die, lange Zeit als die richtigste angenommen, welche La Place und Lavoisier durch ihre Versuche fanden [6], wonach das Volumen des Quecksilbers bei 100° C. = 1,0184775 seyn soll, und welche mit dem, von der Londoner Societät [7] erhaltenen, noch genaueren Werthe, nämlich 1,0184365 sehr nahe übereinstimmt. Schwerlich wäre es auch möglich gewesen, wegen der etwas verschiedenen Ausdehnung der verschiedenen Glassorten eine genauere Bestimmung zu erhalten, wenn dieses nicht vermittelst der durch Dülong und Petit befolgten Methode [8] geschehen wäre. Sie fanden nicht blofs mit gröfster Bestimmtheit die Vermehrung des Volumens des Quecksilbers durch 100° C. = 0,01801802, sondern auch die zunehmende Ausdehnung desselben durch Erhöhung der Temperatur über den Siedepunct des Wassers [9]. Nach den zuletzt genannten, sehr nahe übereinstimmenden Versuchen ist also die Ausdehnung des Quecksilbers für *einen Grad* C. zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers nach Lavoisier und La Place = $\frac{1}{5412}$; nach den Versuchen der Londoner Societät = $\frac{1}{5424}$; nach Dülong und Petit = $\frac{1}{5550}$, wird aber nach den letzteren bei 200° C. des Luftthermometers = $\frac{1}{5425}$ bei 300° = $\frac{1}{5300}$. Wegen der Regelmäfsigkeit der Ausdehnung des Quecksilbers innerhalb der festen Puncte des Thermometers sind die jederzeit erforderlichen Correctionen leicht zu finden. Ist nämlich das Volumen desselben beim Gefrierpuncte = 1, so ist dasselbe bei

1 New Syst. of chim. Phil. I. 36.
2 J. de Ph. LXII. 441.
3 Phil. Tr. LXXI. 525.
4 J. de Ph. XXXVII. 189.
5 Diss. phys. de expans. Hydrargyri. Aboae 1803. G. XVII. 110.
6 Biot Traité I. 233.
7 Phil. Tr. LXVII. 817.
8 S. oben f.
9 Ann. de Chim. et de Ph. VII. 136. Crichton zieht die erhaltenen Resultate mit Unrecht in Zweifel. Ann. of Phil. 1821. Apr. 241.

Digitized by Google

t Graden C. $= 1 + \frac{t}{5550}$, und überhaupt ist ein gegebenes Volumen desselben bei t Graden C. $= V$; für t' Grade $v' = v\left(1 + \frac{t'-t}{5550}\right) = v\,(1 + 0{,}000180018\,(t'-t))$; für die 80theil. Scale aber ist $v' = v\,(1 + 0{,}0002250225\,(t'-t))$ u. für die Fahrenheitsche $v' = v(1 + 0{,}000100010\,(t'-t))$.

Ausdehnung des Wassers.

Ungleich schwieriger ist es, die Gesetze der Ausdehnung der übrigen tropfbaren Flüssigkeiten aufzufinden. Hierbei kommt hauptsächlich in Betrachtung, dafs einige derselben, namentlich das Wasser, vom Siedepuncte abwärts gerechnet, ehe sie gefrieren, sich zuvor wieder ausdehnen, weswegen also zuvor der Punct der gröfsten Dichtigkeit bestimmt werden mufs[1]. Diese räthselhafte Eigenthümlichkeit des Wassers wurde schon von den Mitgliedern der *Academia del Cimento* bei ihren Versuchen über die Entstehung des Eises wahrgenommen[2], und nachher durch den Dr. Crowne bestätigt, auch erwiesen, dafs die Ursache hiervon nicht in der Zusammenziehung des Glases liege, wie Dr. Cooke glaubte[3], und noch kürzlich Monge, Prony[4] und Tardi de la Brossy[5] annehmen wollten. Indefs war J. A. de Lüc der erste, welcher diese Untersuchung aufs Neue anstellte, und den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 5° C. fand, mit dem Zusatze, dafs dasselbe für gleiche Temperaturdifferenzen über und unter diesem Puncte ein gleiches Volumen habe[6]. Hierbei hatte er indefs, eben wie Kirwan[7] bei seinen Bestimmungen der ungleich wachsenden Dichtigkeit des Was-

1 Ueber die Erklärung dieser Erscheinung S. *Eis*.

2 Musschenbroek Tent. exper. cet. I. 146. Phil. Tr. 1670 vol. V. p. 2020.

3 Birch Hist. of the Roy. Soc. IV. 263.

4 Neue Architect. Hydr. übers. von Langsdorf. I. 280.

5 Bibl. Brit. XXIX. 22.

6 Ueb. d. Atm. I. 439. G. I. 471.

7 Phil. Tr. LXXV. 267.

Digitized by Google

sers die Correction wegen der Zusammenziehung des Glases mit in Rechnung zu nehmen versäumt, welches nachher durch Blagden und Gilpin geschah[1]. Nach diesen ist der Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4° C. und das Wasser hat dann für folgende Grade der Temperaturen über und unter diesem Puncte die nebenstehenden Dichtigkeiten, das Volumen desselben bei diesem Normalpuncte = 1 gesetzt[2]:

t.	t.	Volum.	spec. Gew.
4°,00	4°,00	1,00000	1,00000
3,33	4,44	1,00000	1,00000
2,77	5,00	1,00001	0,99999
2,22	5,55	1,00002	$0,99998$
1,66	6,11	1,00004	$0,99996$
1,11	6,66	1,00006	$0,99994$
0,55	7,22	1,00008	$0,99991$
0,00	7,77	1,00012	$0,99899$

Diese Tabelle liefse sich noch weiter fortsetzen, in so fern das Wasser sich bis weit unter 0° erkälten läfst, ohne dafs es gefriert. Hierauf machte Dalton[3] aufmerksam, gab aber den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 5°,83 C. deswegen zu hoch an, weil er die Ausdehnung des Glases zu berechnen unterliefs. Eben so ist Crichton's[4] Angabe zu hoch, wonach dieser bei 42,3 F. oder 5°,72 C. seyn soll. Sehr genaue Versuche über diesen Gegenstand stellte Lefèvre-Gineau 1795 bei der Regulirung der fransös. Mafse an, indem er einen sorgfältigst gearbeiteten Cylinder im Wasser bei verschiedenen Temperaturen abwog, und mit Rücksicht auf die Ausdehnung des Metalls den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,4 C. fand[5]. G. G. Schmidt hat zwar diese Frage nicht absichtlich untersucht, allein dennoch

1 Phil. Tr. LXXXIII. oder 1792. p. 311.

2 Ausführlicher findet sich diese Tabelle in Phil. Tr. 1794. p. 275. daraus in Gren N. J. II. 374.

3 Mém. of the Soc. of Manchester. V. P. II. p. 373, G. XIV. 295. Neues Syst. d. chem. Th. d. Naturw. 1. 36, wo sich eine Tabelle über d. Ausdehnung d. Wassers befindet.

4 Ann. of Phil. 1823. N. XXX. p. 401.

5 J. de Ph. XLIX. 271.

Digitized by Google

geben seine Beobachtungen diejenige Temperatur, wo er die Dichtigkeit am gröfsten fand, = 3°,73 R. = 4°,69 C.[1]. Auch Hällström untersuchte die Volumensveränderungen des Wassers zwischen 0° und 20° C. und fand den Punct der gröfsten Dichtigkeit zwischen 4° und 5° C., durch Berechnung der verschiedenen Resultate genau bei 4°,35427 C.[2]. Sehr nahe übereinstimmend hiermit ist die Bestimmung, welche Bischof durch sehr genaue Abwägungen des Wassers in einer Glaskugel erhielt, wonach dieser Punct bei 4°,07 C. liegen soll[3]. Auch Bellani fand durch mehrere vergleichende Versuche den Anfang der Ausdehnung des Wassers, mochte dasselbe frei von Luft seyn oder nicht, bei 39°,5 F. = 4°,16 C.[4]. Bei den oben angegebenen sehr genauen Abwägungen des Wassers von verschiedenen Temperaturen durch Charles vermittelst seines hydromètre thermométrique wurde der uncorrigirte Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers bei 4°,75 R. gefunden. Biot sucht aus dieser Abwägung den Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers nicht unmittelbar, sondern bestimmt denselben auf eine nachher näher zu prüfende Weise. Indefs läfst sich derselbe durch folgende Betrachtung wenigstens nahe genau finden. Aus den Versuchen erhellet, dafs für jeden Grad R. 5 Milligr. zugelegt werden mufsten, um das Aräometer bis an den Normalpunct herabzudrücken, bei 4°,75 R. aber waren 25 Milligr. Zulegegewicht erforderlich. Wenn wir nun annehmen, dafs diese 25 Millig. in demjenigen Verhältnisse für die Zusammenziehung des Wassers und für die Ausdehnung des Glases erforderlich waren, in welchem beide zu einander stehen, so findet man weiter unten, dafs die Ausdehnung des Wassers zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers nach Beobachtung und Rechnung 0,046601 beträgt. Berücksichtigt man aber, dafs diese, von 0° an zu rechnende Ausdehnung, indem sie erst abnimmt, und dann wieder zu-

1 Gren N. J. I. 218.

2 Diss. phys. de mutation. volum. aquae destill. cet. Praes. Hällström, Resp. Hulthin. Aboae 1802. G. XVII. 107. XX. 384.

3 G. XXXV. 321.

4 Brugnatelli Giorn. I. 315.

Digitized by Google

nimmt, den Punct der gröfsten Dichtigkeit vorläufig bei 4° R. angenommen, nur 72 Graden der achtzigth. Scale zugehört, so beträgt die Ausdehnung des Wassers für 1° R. 0,0006472 3, die kubische Ausdehnung des Glases aber beträgt 0,0000328 4 oder wenn man sie hoch annehmen will 0,0000345. Sollen diesemnach die 25 Milligr. in diesem Verhältnisse unter das Wasser und das Glas vertheilt werden, oder aber nennen wir die Ausdehnung des Wassers = w, die des Glases = g, und nehmen $\frac{25 . w}{w+g}$; so ist dieses = 23,7, und würde einen Temperatur von 4°,46 R. zugehören, welches also nach diesen genauen Beobachtungen der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers wäre [1]. Hällström erhielt bei seinen letzten Abwägungen [2] gleiche uncorrigirte Dichtigkeiten des Wassers bei 3°,7 und 6°,2 C., wonach also der uncorrigirte Punct der gröfsten Dichtigkeit auf 4°,95 C. fällt, so dafs auch hiernach der corrigirte etwa bei 4,7 C. zu liegen kommt.

Die Uebersicht dieser, im Ganzen nahe genug übereinstimmenden Resultate ergiebt, dafs der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers höher als bei 4° C. liegen mufs. Die Schwierigkeit dieser Art Bestimmungen liegt vorzüglich in der Ausdehnung der zum Messen angewandten festen Körper. Viele glaubten daher mit Recht, dafs es gut seyn würde, solche Methoden anzuwenden, bei denen diese Correction unnöthig ist. Oswald Sym [3] suchte dieses dadurch zu erreichen, dafs er in die zum Messen der Ausdehnung bestimmte Röhre eine andere engere schob, den Zwischenraum mit Wasser füllte, und somit die Ausdehnung des zwischen beiden Röhren befindlichen hohlen Wassercylinders mafs. Vermittelst dieses Apparates fand er den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,45 C. und gleiche Ausdehnungen bei glei-

1 Diese gefundene Gröfse ist allerdings sehr auffallend, die Beobachtung indefs von andern nicht eben abweichend, und gegen das Princip der Rechnung läfst sich, wie mir scheint, nichts einwenden, auch ist die Ausdehnung des Glases gegen die des Wassers so geringe, dafs diese Correction nicht viel betragen kann.

2 G. LXXVII. 165.

3 Ann. of Phil. IX. 387.

Digitized by Google

chen Temperaturdifferenzen über und unter diesem Puncte. Man kann indefs diese Bestimmung nur als eine uncorrigirte ansehen, wodurch ihre Ungenauigkeit sichtbar wird, indem der, zwischen beiden Röhren eingeschlossene, Wassercylinder durch die Ausdehnung der letzteren sich vergröfsert, und auf diese Weise gar keine Compensation zu erhalten ist. L. A. Arnim [1] schlägt den hydrostatischen Druck des Wassers und Quecksilbers in einer communicirenden Röhre als Mittel zu dieser Bestimmung vor. Eine solche Röhre enthält im kürzeren Schenkel Quecksilber, im längeren Wasser, welche sich in dem beständigen Niveau e e berühren, und da das absolute Gewicht beider Flüssigkeiten sich nicht ändert, so mufs die Länge der Säulen durch Ausdehnung gröfser, durch Zusammenziehung kürzer werden, welches beides an den feinen Scalen m und n gemessen werden soll. Die Schwierigkeit einer genauen Temperaturbestimmung, einer scharfen Bestimmung der Längen der Säulen, der, bei verschiedenen Temperaturen verschiedenen, Capillarität und manche andere Beschränkungen machen den Apparat minder brauchbar [2]. Ungleich zweckmäfsiger ist die oben f. beschriebene, von Dulong und Petit zum Messen der Ausdehnung des Quecksilbers gebrauchte Vorrichtung. Indefs läfst sich durch die ungleiche Ausdehnung des Glases und des Quecksilbers leicht eine einfache und ohne Schwierigkeit ausführbare, bis zur Fehlergrenze der Beobachtungen völlig genaue Compensation für diejenigen Flüssigkeiten erhalten, welche das Quecksilber nicht auflösen. Zu diesem Ende verfertige man einen oben unter b beschriebenen Apparat, dessen Kugel gegen die Röhre einen verhältnifsmäfsig sehr grofsen Inhalt hat, tarire ihn, fülle ihn bis zum Anfangspuncte der als Mafs der Ausdehnung bestimmten Scale, und (der leichteren Rechnung wegen) bei 0° Temperatur mit Quecksilber, bestimme dessen Gewicht, und nehme das Volumen desselben als die Einheit des Inhaltes der Kugel und Röhre bis an den Anfang der Scale. Dann bestimme man die Menge des Quecksilbers, welches man zur Compensation des Glases in

Fig. 102.

[1] G. V. 64.

[2] Vergl. Hällström bei G. XIV. 305.

die Kugel schütten mufs, auf folgende Weise. Es sey die Menge desselben als Theil der durch das Gewicht des eben genannten Quecksilbers gefundenen Einheit $= x$, so ist der von demselben nicht erfüllte Raum des Apparates $= 1 - x$. Ist nun die Ausdehnung des Quecksilbers $= q$, die kubische des Glases $= g$, so mufs $(1 - x)\, g = q\, x$ werden, woraus $x = \frac{g}{g+q}$ gefunden wird. Man kann nach den oben mitgetheilten Angaben g unbedenklich nach der Uebereinstimmung der genauesten Beobachtungen $= 0{,}000027$ und q . . . $= 0{,}000180018$ setzen, wonach der numerische Werth von $x = 0{,}130423443 = m$ wird. Ist also das Gewicht des Quecksilbers, welches bei 0° Temperatur die Kugel und Röhre bis an den Anfang der Röhre füllt, $= p$, so ist pm das Gewicht desjenigen Quecksilbers, welches man zum Compensiren der Ausdehnung durch Wärme in die Kugel füllen mufs, und ist dann das spec. Gew. der zu prüfenden Flüssigkeit $= \gamma$, so giebt $\gamma p (1 - m)$ sein Gewicht, und somit sein Volumen an, wonach die Scale zu verzeichnen ist[1].

Ein sehr sinnreiches Verfahren entlehnte Rumford aus seiner Erklärung über die Entstehung tiefer Löcher in dem Eise der Gletscher[2], indem er annahm, dafs das an der Oberfläche durch die Sonnenstrahlen erwärmte Wasser herabsinke, das Eis in der Tiefe schmelze, und so erkältet in die Höhe steige, woraus eine gröfsere Leichtigkeit des kälteren Wassers bei wenig vom Gefrierpuncte entfernten Temperaturen folgte. Hope[3] stellte demnach Versuche an mit Wasser in einem Gefäfse, in welchem sich oben und unten ein Thermometer befand, indem er beobachtete, bei welcher Temperatur das Wasser als spec. schwerer niederzusinken fortfuhr, und fand hierdurch den Punct der gröfsten Dichtigkeit zwischen 4° und 4°,44 C., am genauesten bei 4°,35. Aehnliche

1 Einer anderen, weit schwierigern Compensation aus Glas und Blei bediente sich Flaugergues beim Messen der Ausdehnung der Luft. S. unten.

2 Expertmental Essay's cet. Essay VII. Lond. 1797. 8. G. I. 259. Phil. Tr. 1804.

3 Edinb. Phil. Tr. VI. Jahr 1804. Nichols. J. XII. Ann. de Chim. LIII. 272.

Digitized by Google

sehr genaue und oft wiederholte Versuche stellte im folgenden Jahre Graf Rumford[1] mit einem sinnreich construirten, Apparate an, und erhielt als Resultat, dafs das Wasser bei 4° oder 5° C. seine gröfste Dichtigkeit habe, indem es bis zu diesen Temperaturen niedersank, über denselben aber aufstieg. Tralles[2] bediente sich des nämlichen Verfahrens schon 1800, und fand die gröfste Dichtigkeit bei 4°,35 C. Aus allen diesen directen Messungen, wobei insbesondere die letzteren mehr Zutrauen verdienen, als Hällström[3] ihnen zuzugestehen geneigt ist, geht abermals unverkennbar hervor, dafs der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers höher als bei 4° C. liegt, und es ist gewifs unbedenklich am sichersten, ihn nach Tralles und Hope bei 4°,35 oder bei 4°,4 anzunehmen.

Sehr abweichende Resultate über den Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers erhält man, wenn man denselben aus dem Gange der Ausdehnung des Wassers zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers sucht. Hällström[4] hat in einer schätzbaren Uebersicht die hauptsächlichsten Resultate mit Angabe der Berechner und Beobachter zusammengestellt, welche (mit Ausschlufs der offenbar zu geringen von Gilpin durch Walbeck berechneten und der zu grofsen von Schmidt nach Hallström's Rechnung) zwischen 1°,76 und 4°,44 C. schwanken, als mittleres Resultat aber 3°,583 geben. Nimmt man aber die vorzüglichsten Beobachtungen und Berechnungen zusammen, nämlich

---

1 Mém. de l'Inst. VII. 78 Nicholsons J. XI. 1. G. XX. 369. In dem Gefäfse E befindet sich zerstofsenes Eis, um die Temperatur auf 0° zu erhalten. Darin steht das Wassergefäfs GH, mit dem Gestelle AB und darin der Becher C von Kork, welcher das Thermometer D trägt. Der zinnerne Cylinder F wird erwärmt, in das Wasser gesenkt, und theilt diesem seine Wärme mit, wodurch es niedersinkt, so lange es spec. schwerer wird, und das Thermometer zeigt die Temperatur an, wobei dieses noch statt findet. Fig. 103.

2 G. XXVII. 263.

3 G. LXXVII. 134.

4 a. a. O. p. 148.

Beobachter	Berechner	Resultate
de Lüc	Biot	3°,42
Gilpin	Biot	4,35
Charles	Biot	3,19
	Paucker	3,88
Lefèvre-Gineau	Lefèvre-Gineau	4,44
Hällström	Hällström	4,35
Rumford	Rumford	4,38
Bischof	Bischof	4,06
Tralles	Tralles	4,35
Hope	Hope	4,35
Hällström	Hällström	4,11

so stimmt das hieraus erhaltene arithmetische Mittel = 4°,02 sehr genau mit jenem obigen Werthe überein. Durch welche mühsame und zusammengesetzte Rechnungen diese Werthe gröfstentheils gefunden sind, mag folgende Untersuchung zeigen.

Da die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten nicht im einfachen Verhältnisse der Temperaturen steht, so zeigte Th. Young [1], dafs sie am bequemsten durch die Formel $\delta = 0{,}0000022\,f^2 - 0{,}000000004\,72\,f^3$ für Fahrenheitsche Grade ausgedrückt werden könne. Diese Formel haben verschiedene Gelehrte, namentlich Biot [2], und nach diesem Ekstrand [3], mit vielen Erweiterungen Paucker [4] und Hällström [5] benutzt, um die Dichtigkeiten mehrerer Flüssigkeiten bei den verschiedenen Temperaturen zu bestimmen. Eine hiervon abweichende Methode wendet Eytelwein [6] zur Auf-

1 Lectures. II. 392.

2 Traité. I. 212 ff. 412 ff.

3 Dissert. acad. de maxima densitate aquae invenienda. Lund. 1819. 4.

4 Ueber die Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme auf physikal. Beobachtungen u. s. w. Mitau 1819.

5 Vetenskaps Academiens Handlingar für är 1823 daraus in G. LXXVII. 129.

6 G. XXXIX. 221. Man findet hiernach die Dichtigkeit des Wassers = g, die gröfste Dichtigkeit desselben bei 3°,5 R. = 1 gesetzt, und die Grade des achzigtheil. Thermometers = m, durch die Formel:

$$g = 0{,}9999793 + 0{,}00003768\,m - 0{,}0000090779\,m^2.$$

Digitized by Google

findung der ungleichen Dichtigkeit des Wassers bei verschiedenen Temperaturen an, es wird hier aber genügen, nur jene ihrem Wesen nach näher zu erörtern, um so mehr, als sie noch aufserdem zu manchen interessanten Betrachtungen über das Verhalten der Flüssigkeiten führt[1]. Allgemein kann man sonach die den verschiedenen Temperaturen = t zugehörigen Dichtigkeiten einer Flüssigkeit δt durch eine nach den Potenzen von t steigende Reihe ausdrücken, indem man

$$\delta t = at + bt^2 + ct^3 + dt^4 + \ldots,$$

setzt, und dann die Coefficienten a, b, c, d... aus den Beobachtungen für so viele Potenzen von t bestimmt, als zur genügenden Genauigkeit erfordert werden.

Nimmt man zuerst die oben erwähnten, von DE Lüc mit verschiedenen Flüssigkeiten angestellten Versuche in Rechnung, indem er genau calibrirte Thermometer mit denselben füllte, und bei allen den Raum zwischen dem Gefrierpuncte und dem Siedepuncte in 80 Theile theilte, dann ihren Gang mit dem eines genauen Quecksilberthermometers verglich, nennt man ferner die Grade eines solchen, mit irgend einer Flüssigkeit gefüllten, Thermometers DT, die des Quecksilberthermometers = t, so ist allgemein

$$DT = At + Bt^2 + Ct^3 + \ldots.$$

Nach dieser Formel ist für Wasser

$$DT = -0{,}16\,t + 0{,}0185\,t^2 - 0{,}00005\,t^3$$

mit den Beobachtungen nahe genau übereinstimmend. Sucht man hieraus das Maximum der Dichtigkeit, indem man $\frac{dDT}{dt} = 0$ setzt, so giebt die Gleichung

$$0 = -0{,}16 + 0{,}037\,t - 0{,}00015\,t^4$$

---

1 Eine ausführliche und gehaltreiche Untersuchung über die Ausdehnung verschiedener Flüssigkeiten, hauptsächlich des Wassers, nebst einer Widerlegung des von DALTON aufgestellten Gesetzes von AVOGRADO bei Brugnatelli Giorn. Dec. II. T. I. p. 350 enthält keine neue Thatsachen, und ist daher hier nicht weiter berücksichtigt. Seine Formel ist: $\varrho = g\,[\tau - 2h\,(\sqrt{T + \tau} - \sqrt{T})]$ worin ϱ die Ausdehnung, T die Thermometergrade bezeichnet, von wo aus man die Ausdehnung einer Flüssigkeit mifst, τ die Thermometergrade über diesem Puncte, g und h aber durch Erfahrung zu bestimmende Constanten. Vergl. Dec. II. T. II. p. 419. In der folgenden Darstellung bin ich BIOT gefolgt.

zwei Wurzeln, nämlich $t' = 4°,402$ und $t'' = 251°$. Die erstere Gröfse, welche das Maximum der Dichtigkeit bei 5°,5 C. setzt, ist wohl etwas zu grofs, welches indefs weniger, wie Biot[1] meint, darin seinen Grund hat, dafs de Lüc luftfreies Wasser anwandte, als vielmehr in der Ungleichförmigkeit der Ausdehnung des Wassers überhaupt zu suchen ist. Ekstrand erhält nach de Lüc und Gilpin

$$DT = -0{,}1888\,t + 0{,}02255\,t^2 - 0{,}00015833\,t^3 + 0{,}000000777..t^4.$$

woraus das Maximum der Dichtigkeit bei 3°,6023 C. gefunden wird. Nach Paucker dagegen, welcher die sämmtlichen Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadratsumme in Rechnung nahm, ist

$$DT = -0{,}10718396\,t + 0{,}0168720652\,t^2 - 0{,}000038161648\,t^3$$

woraus die Gleichung für das Minimum die zwei Wurzeln $t' = 3°,22$ und $t'' = 291°,62$ giebt, deren erste $= 4°,02$ C. mit den Beobachtungen sehr genau übereinstimmt.

Um aus den de Lüc'schen Beobachtungen die absolute Ausdehnung der Flüssigkeiten zu finden, sey D die scheinbare Ausdehnung derselben zwischen den beiden festen Puncten der 80 theil. Scale, Δt aber die scheinbare Ausdehnung derselben für die Temperatur t in Graden nach R., so ist $\Delta t = \frac{D}{80} DT$, wenn DT seine vorige Bezeichnung beibehält. Heifst aber δt die für die Ausdehnung des Gefäfses corrigirte, also wirkliche Ausdehnung, so ist $\delta t = 3kt + (1 + 3kt)\Delta t$, wenn k die lineare Ausdehnung der Substanz des Gefäfses bezeichnet; und hierin für Δt substituirt ist $\delta t = 3kt + \frac{D(1+3kt)}{80} DT$, worin der Werth von DT gesetzt, giebt

$$\delta t = 3kt + \frac{D(At + Bt^2 + Ct^3 + ..)(1 + 3kt)}{80}$$

dann die Multiplication verrichtet

---

1 Traité. I. 223.

$$\delta t = (3k + \frac{DA}{80})t + \left(\frac{B + A\,3k}{80}\right) Dt^2 + \left(\frac{C + B\,3k}{80}\right) Dt^3 + \frac{3kCD}{80} t^4$$

wobei das letzte Glied, welches selbst für Wasser bei $t = 80°$ nur 0,000032 des Volumens geben würde, füglich weggelassen werden kann. Setzt man endlich

$$\frac{DA}{80} + 3k = a; \quad \frac{D(B + A\,3k)}{80} = b; \quad \frac{D(C + B\,3k)}{80} = c,$$

so ist $\delta t = at + bt^2 + ct^3$ für jeden beliebigen Grad des Thermometers nach R.

Versuche dieser Art werden meistens in gläsernen Gefäßen angestellt. Die lineare Ausdehnung des Glases beträgt nach Lavoisier und la Place 0,00087572 zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers, mithin für 1° R. $k = 0{,}0000109465$, und die kubische $3k \ldots = 0{,}0000328395$, wofür 0,00003284 gesetzt werden können. Um die Formel nach wirklichen Abwägungen zu prüfen, legt Biot folgende von Gilpin und Blagden gefundene Werthe zum Grunde.

Thermometer F.	Thermometer R.	Volumen d. Wassers	Ausdehnung von 0° an = δt.
32 =	0,00	1,00000	0,00000
40 =	3,56	0,99988	−0,00012
50 =	8,00	1,00014	0,00014
70 =	16,89	1,00188	0,00188
95 =	28,00	1,00583	0,00583
100 =	30,22	1,00684	0,00684

Nach der Formel $\delta t = 3kt + \frac{D(1 + 3kt)}{80} DT$ ist für

$t = 28{,}00$; $DT = 8{,}9264$; $3kt = 0{,}000919$

$t = 30{,}220$; $DT = 10{,}6818$; $3kt = 0{,}000992$.

Aus dem ersteren wird

$\delta t = 0{,}005829$; $\delta t - 3kt = 0{,}004910$

also $\frac{dt - 3kt}{1 + 3kt} = 0{,}004905$.

Digitized by Google

Aus dem zweiten wird

$$\delta t = 0{,}0068409 \; ; \; \delta t - 3\,kt = 0{,}0058485$$

$$\text{also } \frac{\delta t - 3\,kt}{1 + 3\,kt} = 0{,}0058427$$

mithin ist $0{,}004905 = \frac{8{,}9264}{80} D$

und $0{,}0058427 = \frac{10{,}6818}{80} D$

woraus $D = 0{,}0439595$ und $= 0{,}0437582$; also im Mittel $= 0{,}043859$ als Ausdehnung des Wassers zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers gefunden wird. Setzt man

$$\delta 80 = 80 \,.\, 3\,k + (1 + 80 \,.\, 3\,k)\, D$$

so findet man $\delta 80 = 0{,}046601$ als Ausdehnung des Wassers zwischen den festen Puncten des Thermometers, mit Dalton's oben erwähnter Angabe völlig übereinstimmend. Wird ferner

$$\delta t = 3\,kt + \frac{D\,(1 + 3\,kt)}{80} DT$$

hiernach berechnet, so erhält man nach Biot folgende Vergleichung mit den Versuchen von Gilpin und Blagden.

Thermometer F.	R.	Wasser-therm. DT	Wahre Ausdehnung $= \delta t$ berechnet	beobacht.	Differ.
32° =	0°,00	0,0000	0,00000	0,00000	0,00000
40 =	3,56	-0,3373	-0,00007	-0,00012	+0,00005
50 =	8,00	+0,1220	0,00019	0,00014	-0,00005
70 =	16,89	2,3340	0,00184	0,00188	+0,00004
95 =	28,00	8,9264	0,00581	0,00583	+0,00002
100 =	30,22	10,6818	0,00685	0,00684	-0,00001

Obgleich Beobachtungen und Berechnungen nur unbedeutende Abweichungen zeigen, so verdient doch bemerkt zu werden, dafs diese in der Nähe des Punctes der gröfsten Dichtigkeit am stärksten sind, welches, wie schon bemerkt, darin seinen Grund hat, dafs die Ausdehnung des Wassers bei den diesem Puncte nahe liegenden Temperaturen von derjenigen

Digitized by Google

bei andern Temperaturen abweicht. Indefs wird hiernach für Wasser gefunden: die Grade eines Wasserthermometers

$$DT = -0{,}16\,t + 0{,}0185\,t^2 - 0{,}00005\,t^3$$

die scheinbare Ausdehnung in gläsernen Gefäfsen:

$$\Delta t = -0{,}000087718\,t + 0{,}0000101424\,t^2 - 0{,}000000027412\,t^3$$

und die wahre Ausdehnung:

$$\delta t = -0{,}000054878\,t + 0{,}0000101395\,t^2 - 0{,}00000002708\,t^3$$

welche Formel das Maximum der Dichtigkeit $= 2°{,}736$ R. $= 3°{,}42$ C., aus eben angeführtem Grunde von der Wahrheit bedeutend abweichend giebt. Biot[1] entwickelt die nämliche Formel nach den schon erwähnten genauen Versuchen von Charles für die bei 10°; 20°; 30°; 40° und 47°,5 R. gefundenen Ausdehnungen nach einer etwas abgeänderten Methode, und findet

$$\delta t = -0{,}00006207\,t + 0{,}0000101927\,t^2 - 0{,}000000036028\,t^3;$$

woraus das Maximum der Dichtigkeit bei 3°,19 R. $= 3{,}99$ C. mit der Wahrheit weit mehr übereinstimmend gefunden wird. Paucker, welcher nach einer andern Methode alle Beobachtungen in Rechnung nimmt, und die Fehlergrenze nach der Methode der kleinsten Quadratsumme berechnet, erhält folgende Formeln

$$DT = -0{,}10718396\,t + 0{,}0168720652\,t^2 - 0{,}000038161648\,t^3$$

$$\Delta t = -0{,}00005876227\,t + 0{,}000009249898\,t^2 - 0{,}000000020921648\,t^3$$

$$\delta t = -0{,}00002592227\,t + 0{,}000009247969\,t^2 - 0{,}00000002061788\,t^3$$

Aus letzterer Formel erhält er das Maximum der Dichtigkeit bei 1°,4081 R. $= 1{,}7602$ C. Aus den Versuchen, welche Charles anstellte, findet Paucker dagegen

$$\delta t = -0{,}00006695349\,t + 0{,}00001054956\,t^2 - 0{,}00000004821635\,t^3$$

und hieraus durch eine weitläuftige Rechnung das Maximum der Dichtigkeit bei 4°,8892..... R. offenbar den Beobach-

1 Traité. I. 423.

tungen nach zu grofs. Hällström erhält aus seinen neuesten Abwägungen durch ähnliche Rechnungen als Paucker und mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme

$$\delta t = 0{,}00006617375\, t - 0{,}00000816525\, t^2 + 0{,}0000000180625\, t^3$$

und für Centesimalgrade

$$\delta t = 0{,}000052939\, t - 0{,}0000065322\, t^2 + 0{,}00000001445\, t^3$$

für die Grade von 0° bis 25°,6 R. oder von 0° bis 32° C. Aus dieser Formel wird der Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers bei 4°,108 C. gefunden, mit den directen Messungen offenbar am genauesten übereinstimmend.

Will man endlich die Ausdehnung des Wassers vom Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit an kennen, so darf man die diesem zugehörige Temperatur nur $= (t)$ und allgemein $t = (t) + t'$ setzen, oder mit andern Worten, die Temperaturen von (t) an berechnen. Diese Gröfse in die allgemeine Formel

$$\delta t = at + bt^2 + ct^3 \ldots \text{ gesetzt,}$$

wird

$$\delta t' = a\,(t) + b\,(t^2) + c\,(t^3) + (a + 2b\,(t) + 3c\,(t^2))\,t' + (b + 3c\,(t))\,t'^2 + ct'^3$$

Die erste Reihe bezeichnet den Werth von δt in dem Falle, dafs $t = (t)$ ist, und möge $\delta\,(t)$ heifsen; die zweite fällt durch die Bedingung weg, wonach (t) bestimmt ist, und es wird also

$$\delta t = \delta\,(t) + (b + 3c\,(t))\,t'^2 + ct'^3$$

worin die beiden letzten Glieder die Ausdehnung, vom Puncte der gröfsten Dichtigkeit an ausdrücken. Hierfür wird aber $t' = 0$ und $1 + \delta\,(t)$ die Einheit des Volumens, wodurch also die Coefficienten von t'^2 und t'^3 dividirt werden müssen. Hiernach wird also

$$\delta t' = \frac{(b + 3c(t))\,t'^2}{1 + \delta\,(t)} + \frac{ct'^3}{1 + \delta\,(t)}.$$

Setzt man hierin den von Biot gefundenen Werth für den Punct der gröfsten Dichtigkeit $= 2°{,}736$ R., so ist

$$(t) = 2°{,}736 \quad \delta t = -\ 0{,}0000748$$

Digitized by Google

$$\frac{b + 3c\,(t)}{1 + \delta\,(t)} = 0{,}00000991797$$

$$\frac{c}{1 + \delta\,(t)} = -\,0{,}00000002708$$

mithin die Ausdehnung für Grade der 80theil. Scale

$$\delta t' = 0{,}00000991797\ t'^2 - 0{,}00000002708\ t'^3$$

für Centesimalgrade aber, indem man $t'' = \frac{4}{5}\,t'$ macht

$$\delta t'' = 0{,}0000063475\ t''^2 - 0{,}000000013865\ t''^3.$$

Weil aber der hierin angenommene Punct der gröfsten Dichtigkeit von directen Beobachtungen zu sehr abweicht, so ist es auf allen Fall besser, diesen etwa mit Eytelwein[1] nahe genau = 3,5 R. = 4,375 (mit directen Messungen mehr übereinstimmend, und von 4°,4 C. nicht merklich abweichend) anzunehmen, wonach

$$(t) = 3{,}5\,.\,\delta\,(t) = -\,0{,}000069025$$

$$\frac{b + 3c\,(t)}{1 + \delta\,(t)} = 0{,}00000985584$$

$$\frac{c}{1 + \delta\,(t)} = 0{,}00000002708$$

wird. Hiernach ist dann für die 80theil. Scale

$$\delta t'' = 0{,}00000985584\ t'^2 - 0{,}00000002708\ t'^3$$

und für Grade der hunderttheiligen Scale = t''

$$\delta t'' = 0{,}0000063223\ t''^2 - 0{,}000000013865\ t''^3.$$

Die Dichtigkeit, oder das spec. Gewicht der Flüssigkeiten verhält sich bekanntlich umgekehrt wie die Volumina. Nimmt man daher die Dichtigkeit des Wassers bei der dieser zugehörigen Temperatur als Einheit an, so wird sie bei der Temperatur t', mag dieselbe über oder unter der angegebenen Normaltemperatur liegen $= \frac{1}{1 + \delta t'}$ seyn. Zugleich verdient noch angemerkt zu werden, dafs das Wasser, so tief es auch unter dem Gefrierpunct flüssig bleiben möchte, sich stets ausdehnen würde, indem für — t in den angegebenen Formeln alle Theile derselben positiv werden.

Die Dichtigkeit und das Volumen des Wassers bei den verschiedenen Temperaturen kommt sehr häufig in Betrachtung, namentlich bei der Bestimmung des spec. Gewichts der Körper. Biot[2] hat daher eine Tabelle, welche diese Be-

1 G. XXXIX. 229.

2 Traité. I. 425.

stimmungen enthält, für alle Grade der 80theil. Scale aufgenommen, welche indefs die Dichtigkeit bei 0° = 1 setzt, und den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 2°,736 R. annimmt. Indem letzteres aber nach den bisher angestellten Untersuchungen offenbar mit der Erfahrung nicht übereinstimmt, so wird die nachfolgende Tabelle, worin die Dichtigkeiten und die Volumina für alle Grade der hunderttheiligen Scale = t nach der vorstehenden Formel berechnet sind, den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,4 angenommen, den Physikern willkommen seyn [1].

t.	Volum.	Dichtigk.	t.	Volum.	Dichtigk.
1	1,00005419	0,9999458	30	1,00391077	0,9961044
2	1,00002833	0,9999717	31	1,00421245	0,9958054
3	1,00001075	0,9999893	32	1,00452457	0,9954956
4	1,00000151	0,9999985	33	1,00484704	0,9951764
5	1,00000227	0,9999974	34	1,00517977	0,9948466
6	1,00001613	0,9999830	35	1,00552268	0,9945074
7	1,00004250	0,9999573	36	1,00587570	0,9941586
8	1,00008129	0,9999187	37	1,00623876	0,9938000
9	1,00013243	0,9998674	38	1,00661169	0,9934316
10	1,00019583	0,9998042	39	1,00699449	0,9930540
11	1,00027141	0,9997284	40	1,00738707	0,9926670
12	1,00035909	0,9996412	41	1,00778933	0,9922707
13	1,00045878	0,9995414	42	1,00820119	0,9918654
14	1,00057040	0,9994300	43	1,00862256	0,9914512
15	1,00069386	0,9993067	44	1,00905338	0,9910280
16	1,00082908	0,9991717	45	1,00949353	0,9905960
17	1,00097599	0,9990247	46	1,00994297	0,9901547
18	1,00113450	0,9988669	47	1,01040154	0,9897052
19	1,00130451	0,9986970	48	1,01086929	0,9892472
20	1,00148596	0,9985162	49	1,01134601	0,9887812
21	1,00167875	0,9983239	50	1,01183168	0,9883066
22	1,00188281	0,9981207	51	1,01232619	0,9878236
23	1,00209804	0,9979069	52	1,01282948	0,9873332
24	1,00232438	0,9976809	53	1,01334143	0,9868342
25	1,00256173	0,9974446	54	1,01386202	0,9863272
26	1,00281005	0,9971976	55	1,01439109	0,9858130
27	1,00306913	0,9969390	56	1,01492865	0,9852909
28	1,00333903	0,9966720	57	1,01547449	0,9847612
29	1,00361960	0,9963934	58	1,01602865	0,9842240

1 Sie ist durch den geübten Rechner F. Hofmeister mit Logarithmen berechnet, und nach den Differenzen controlirt, so dafs sie für durchaus richtig gelten kann.

Digitized by Google

t.	Volum.	Dichtigk.	t.	Volum.	Dichtigk.
59	1,01659096	0,9856800	80	1,03014343	0,9707384
60	1,01716140	0,9831280	81	1,03086478	0,9700549
61	1,01773984	0,9825690	82	1,03159244	0,9693750
62	1,01832624	0,9820036	83	1,03232623	0,9686860
63	1,01892043	0,9814309	84	1,03306620	0,9679920
64	1,01952250	0,9808512	85	1,03381211	0,9672936
65	1,02013217	0,9802649	86	1,03456405	0,9665906
66	1,02074948	0,9796722	87	1,03532176	0,9658832
67	1,02137428	0,9790730	88	1,03608532	0,9651714
68	1,02200657	0,9784670	89	1,03685451	0,9644554
69	1,02264615	0,9778552	90	1,03762928	0,9637350
70	1,02329306	0,9772370	91	1,03840968	0,9630110
71	1,02394715	0,9766120	92	1,03919550	0,9622826
72	1,02460834	0,9759820	93	1,03998660	0,9615506
73	1,02527652	0,9753466	94	1,04078305	0,9608150
74	1,02595162	0,9747046	95	1,04158462	0,9600754
75	1,02663360	0,9740570	96	1,04239136	0,9593326
76	1,02732233	0,9734044	97	1,04320308	0,9585852
77	1,02801780	0,9727456	98	1,04401978	0,9578362
78	1,02871985	0,9720816	99	1,04484131	0,9570832
79	1,02942840	0,9714129	100	1,04566765	0,9563267

Ausdehnung des Weingeistes.

Auf eben die Weise, als bisher die Ausdehnung des Wassers untersucht ist, läfst sich auch die der übrigen Flüssigkeiten prüfen. Vorzüglich wichtig ist es, die Ausdehnung des *Weingeistes* zu kennen, schon deswegen, weil dieser zu Thermometern genommen wird, und zur Beobachtung sehr niedriger Temperaturen nicht entbehrt werden kann. Sehr wichtig ist in dieser Hinsicht der Ausspruch von Tralles[1], dafs nach seinen vielen, mit gröfster Sorgfalt angestellten Versuchen die Ausdehnung des *absoluten Alkohols* von — 26°,11. bis 37°,22. C. ganz gleichförmig ist, und für 1° C. 0,000846 seines Volumens beträgt; dafs aber für die ungleiche Ausdehnung von wasserhaltigem Alkohol kein allgemeines Gesetz aufgefunden werden kann. Für jenen können daher nur die ungleichen Ausdehnungen bei Temperaturen, welche über 37° C. hinausgehen, in Betrachtung kommen, worüber es aber noch bis jetzt an Versuchen fehlt. Es belohnt sich daher nicht der Mühe, die weitläuf-

1 G. XXXVIII. 364.

Digitized by Google

tigen Untersuchungen, welche von DE LÜC[1] und andern zur Prüfung des Ganges der Weingeistthermometer angestellt sind, hier zu wiederholen, um so weniger, als der Raum solcher Thermometer zwischen dem Gefrierpuncte und Siedepuncte des Wassers meistens gleichfalls in 80 Theile getheilt wurde, wonach die Ausdehnung in den höheren Graden sehr ungleich werden mufste. Am meisten Aufmerksamkeit verdienen noch diejenigen Bestimmungen von DE LÜC, welche er erhielt, als er bei einem Weingeistthermometer den Raum zwischen dem Gefrierpuncte des Wassers und dem Siedepuncte des Weingeistes in 80 Theile theilte, und dann die Grade desselben mit denen eines Quecksilberthermometers verglich[2]. Die hierbei erhaltene Differenzen-Reihe mag zur leichteren Uebersicht hier folgen.

Quecks. therm.	Weing. therm.	Diff.	Quecks. therm.	Weing. therm.	Diff.
80	100,4		40	44,2	
		7,6			5,9
75	92,8		35	38,3	
		7,6			5,7
70	85,2		30	32,6	
		7,4			5,9
66,6	80,00		25	26,7	
		7,0			5,6
65	77,8		20	21,1	
		7,1			5,5
60	70,8		15	15,6	
		6,9			5,0
55	63,7		10	10,6	
		6,4			4,9
50	56,8		5	5,7	
		6,2			4,9
45	50,4		0	0,8	

Die Uebersicht der Differenzen führt allerdings gleichfalls auf eine in niedern Temperaturen mehr gleichförmige, in höheren wachsende Ausdehnung. Wird Alkohol mit Wasser in ungleichen Mengen gemischt, so erleidet jede einzelne Mischung eine besondere, mit den Temperaturen wachsende Ausdehnung, ohne dafs sich alle unter ein allgemeines Gesetz bringen lassen. Wegen der Wichtigkeit einer genauen Kenntnifs der Ausdehnung dieser verschiedenhaltigen Mischungen von Alkohol und Wasser zum Behufe der Versteuerung (indem doch eigentlich nur der Alkohol, und nicht das beigemischte Wasser versteuert werden kann, eine ge-

1 Unters. über d. Atm. I. 402.

2 a. a. O. p. 588.

Digitized by Google

naue Bestimmung der Gehaltigkeit aus dem spec. Gew. aber, ohne Kenntnifs der Ausdehnung durch Wärme nicht möglich ist) veranstaltete die Londoner Societät die bekannten Versuche durch Gilpin unter der Leitung von Dr. Blagden, deren Resultate in 102 Tabellen mitgetheilt sind[1]. Trallles hat dieselben abermals geprüft, und dabei die oben erwähnten Gesetze über die Ausdehnung sowohl des absoluten, als auch des mit Wasser gemischten Alkohols gefunden[2].

Wenden wir die oben bei Wasser gebrauchten Rechnungsmethoden auch auf Alkohol an, mit Beibehaltung der dort gewählten Bezeichnungen, und legen dabei die gleichfalls oben erwähnten Versuche von de Lüc zum Grunde, so ist für den, von diesem angewandten rectificirten Alkohol, welcher Schiefspulver zündete, und auch für solchen, welcher ein wenig mehr Wasser enthielt, nach Biot

$$DT = 0{,}784\,t + 0{,}00208\,t^2 + 0{,}00000775\,t^3$$

gleichfalls mit den Beobachtungen sehr nahe übereinstimmend, selbst auch für Grade unter dem Gefrierpuncte. Diese Formel giebt für das Maximum der Dichtigkeit

$$0 = 0{,}784 + 0{,}00416\,t + 0{,}00002325\,t^2,$$

zwei imaginäre Wurzeln, wonach also bei dieser Flüssigkeit kein solches Maximum statt findet, vielmehr wird dieselbe bei abnehmender Temperatur stets fortfahren sich zusammenzuziehen. Nach Paucker[3] ist für den von de Lüc gebrauchten Alkohol nach seiner Rechnung

$$DT = 0{,}77655803\,t + 0{,}002309379\,t^2 + 0{,}00000060722272\,t^3.$$

die Gleichung für das Maximum der Dichtigkeit, $\frac{dDT}{dt} = 0$ giebt

$$0 = 0{,}7766 + 0{,}00461876\,t + 0{,}000001821166\,t^2$$

woraus die beiden Wurzeln — 180,68 und — 2354 gefunden werden. Wollte man diese mit den Resultaten der Rechnung nach Biot zusammenstellen, so liefse sich folgern, dafs der Weingeist bei — 180°,68 R. noch flüssig seyn,

1 Phil. Trans. 1794 I. 275. Gren N. J. II. 365.

2 Vergl. *Gewicht spec.*

3 a. a. O. p. 14.

und bis zu dieser Temperatur sich gleichmäfsig zusammenziehen, dann aber noch weiter bis — 2354° R. sich zusammenziehen müsse; allein zu solchen Schlüssen sind die Beobachtungen nicht scharf genug, wiewohl Paucker's Formel mit denselben noch genauer, als Biot's übereinstimmt. Dagegen aber ergiebt diese Betrachtung, dafs zwischen Quecksilber- und Weingeist-Thermometern, wenn letztere nicht mit absolutem Alkohol gefüllt und wenn beide zwischen dem Gefrierpuncte und Siedepuncte des Wassers in 80 Grade getheilt sind, keine Uebereinstimmung statt finden kann, wie auch aus den Beobachtungen von DE Lüc unmittelbar folgt, indem dieser für + 10° des Quecksilberthermometers 7,°9 des Weingeistthermometers und für — 10° an jenem — 7,7 beobachtete, für welche Gröfsen die Rechnung + 8,05 und — 7,64 mit den Beobachtungen sehr nahe übereinstimmend giebt. Thermometer, mit solchem Weingeiste gefüllt, müfsten nach der angegebenen Formel graduirt werden.

Von den verschiedenen Mischungen des Alkohols mit Wasser untersuchte DE Lüc auf die angegebene Weise die aus gleichen Theilen beider Flüssigkeiten bestehende. Aus den Resultaten findet Biot

$$DT = 0{,}705333t + 0{,}00275t^2 + 0{,}0000116\dot{6}7t^3$$

Die Formel für diese Mischung, mit den Beobachtungen gut übereinstimmend, giebt kein Maximum der Dichtigkeit, indem man gleichfalls zwei imaginäre Wurzeln erhält. Sind dagegen 3 Theile Wasser mit 1 Th. Alkohol gemischt, wofür

$$DT = 0{,}010333t + 0{,}0155277t^2 — 0{,}0000394\dot{4}4t^3$$

wird, und mit den Beobachtungen gut übereinstimmt, so ist der Einfluſs des Wassers schon so stark, dafs ein Maximum der Dichtigkeit statt findet. Die Formel dafür nämlich:

$$0 = 0{,}010333 + 0{,}0310554t — 0{,}000118\dot{3}3t^2$$

giebt — 0°,333 und + 263. Das Maximum der Dichtigkeit, welches hiernach nahe bei dem Gefrierpunct fällt, zeigt sich auch durch die geringe Ausdehnung der Flüssigkeit bei dieser Temperatur, indem ein mit derselben gefülltes, mit der 80theil. Scale versehenes Thermometer bei 10° des Quecksilberthermometers nur 1°,4 zeigt.

Ohne die Gesetze der Ausdehnung des gemischten Alkohols weiter zu verfolgen, verdienen die des absoluten, oder

Digitized by Google

nahe absoluten noch eine nähere Untersuchung. Gilpin und Blagden[1] beobachteten folgende wirkliche Ausdehnungen des Alkohols, dessen spec. Gew. nach Tralles[2] 0,8250 betrug.

Grade d. Quecks. Therm. F.	R.	Beobachtete Volum.	Ausdehnungen
32	0	1,000000	0,000000
50	8	1,010003	0,010003
70	16,89	1,021750	0,021750
95	28,00	1,037369	0,037369
100	30,22	1,040525	0,040525

Um hieraus die Ausdehnung = D zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers zu bestimmen, darf man nur in der oben beim Wasser gegebenen Formel

$$\delta t = 3kt + \frac{D(AT + BT^2 + CT^3)}{80}(1 + 3kt)$$

einen, oder gröfserer Genauigkeit wegen, mehrere der gefundenen Werthe substituiren. Es ist demnach

$t = 28{,}000$; $At + Bt^2 + Ct^3 = 23{,}753$; $3kt$ . . .
$= 0{,}00091952.$

$t = 30{,}222$; $At + Bt^2 + Ct^3 = 25{,}808$; $3kt$ . .
$= 0{,}00099248.$

woraus man erhält für $t = 28{,}000$:

$\delta t = 0{,}037369$; $\delta t - 3kt = 0{,}036449$

also $\frac{\delta t - 3kt}{1 + 3kt} = 0{,}036416$

und für $t = 30{,}222$

$\delta t = 0{,}040525$; $\delta t - 3kt = 0{,}039533$

also $\frac{\delta t - 3kt}{1 + 3kt} = 0{,}039494.$

Dieses in der Formel substituirt, erhält man

$$0{,}036416 = \frac{23{,}753\,D}{80}; \quad 0{,}039494 = \frac{25{,}808\,D}{80}$$

Aus ersterem ist $D = 0{,}122649$

Aus letzterem $= 0{,}122424$

1 Biot Traité. I. 226.

2 G. XXVIII. 357.

Digitized by Google

woraus im Mittel 0,122536 als scheinbare Ausdehnung des Alkohols zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers folgt. Will man hieraus die wirkliche berechnen, so ist für diesen genannten Temperaturunterschied

$$\delta t = 3kt + (1 + 3kt)\Delta t$$
$$\delta 80 = 3k.80 + (1 + 3k.80)\,D$$
$$= 240k + (1 + 240k)\,0{,}122536$$
$$= 0{,}1254852.$$

Vergleichen wir diese Gröfse mit der oben angegebenen, von Tralles für absoluten Alkohol gefundenen = 0,000846 für 1° C, woraus bei gleichmäfsiger Ausdehnung bis zum Siedepuncte D = 0,0846 folgen würde; so zeigt sich eine grofse Differenz, welche wohl weniger der Reinheit des angewandten Alkohols, als vielmehr der gröfseren Ausdehnung desselben bei höheren Temperaturgraden beizumessen ist, weswegen auch nach der richtigen Ansicht von Tralles kein absoluter Ausdruck für die Ausdehnung des Weingeistes für die ganze Temperaturdifferenz zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers gefunden werden kann. Indefs sucht Biot dennoch eine genauere Uebereinstimmung zwischen der Rechnung und den Versuchen von Gilpin und Blagden nachzuweisen, welches auch in sofern ganz erklärlich ist, als die letzteren innerhalb der Temperaturdifferenz von 0° bis 30° R. liegen, die Gröfse der Differenzen aber mit den Temperaturen wachsen mufs. Indem Biot[1] nämlich den für D gefundenen Werth in der Formel

$$\delta t = 3kt + \frac{D}{80}(At + Bt^2 + Ct^3)(1 + 3kt)$$

substituirt, findet er:

Thermometer		Weing. Therm. D T	Ausdehnung von 0° an		
F.	R.	nach Rech.	berechnet	beobacht.	Differ.
32	0,00	0,001	0,00000	0,00000	0,00000
50	8,00	6,409	0,01008	0,01000	- 0,00008
70	16,89	13,939	0,02191	0,02175	- 0,00016
95	28,00	23,753	0,03733	0,03737	+ 0,00004
100	30,22	25,808	0,04056	0,04053	- 0,00003

1 a. a. O. p. 228.

Digitized by Google

Die an sich unbedeutenden, bald positiven bald negativen Differenzen beweisen allerdings die Genauigkeit der Formel. Wäre die Ausdehnung des Alkohols übrigens gleichmäfsig, so würde dieselbe, nach dem zwischen 0° und 30°,22 R. gefundenen Werthe zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers 0,107293 betragen, welche Gröfse hinter dem oben für D gefundenen Werthe zurückbleibt, den von Tralles aus seinen Beobachtungen bei niederen Temperaturen gefundenen = 0,0846, aber bedeutend übertrifft, ein aus der Natur der Sache folgendes Resultat. Uebersieht man indefs dieses, von Tralles sehr richtig angegebene, aus einer in niederen Temperaturen gleichförmigen, in höheren ungleichförmigen Ausdehnung des Alkohols entspringende Hindernifs eines festen Gesetzes seiner Ausdehnung bei allen Temperaturen unter dem Siedepuncte des Wassers; so sind nach Biot nahe genau für Alkohol von 0,8250 spec. Gewicht

1. Die Grade des Weingeistthermometers = DT verglichen mit denen eines Quecksilberthermometers = t mit 80theil Scale

$$DT = 0{,}784t + 0{,}00208t^2 + 0{,}00000775\,t^3.$$

2. Die scheinbare Ausdehnung desselben in gläsernen Gefäfsen

$$\Delta t = 0{,}00120085\,t + 0{,}000003185\,93\,t^2 + 0{,}000000011187t^3$$

3. Die absolute Ausdehnung desselben

$$\delta t = 0{,}00123369t + 0{,}00000322537t^2 + 0{,}000000011198\,t^3$$

Biot prüft diese Formeln vermittelst der Versuche Dalton's, welcher die Ausdehnung des Alkohols in gläsernen Gefäfsen von — 17°,78 bis 62°,22 R. mafs. Weil hierbei ein Theil der Grade unter 0 liegt, mithin negativ ist, so wird für — 17°,78 bis 0°

$$\Delta t = -0{,}0213511 + 0{,}001006847 - 0{,}00006672 = -0{,}0204100$$

für 0° bis 62°,22

$$\Delta t = 0{,}0747169 + 0{,}01232900 + 0{,}0028592 = +0{,}0899051$$

also die Ausdehnung zwischen — 17,78 und 62°,22 R.

Digitized by Google

$= 0{,}1103151$. Dalton fand durch seine Versuche 0,110, also völlig übereinstimmend [1].

Ausdehnung sonstiger Flüssigkeiten.

Aus de Lüc's Messungen der Ausdehnung des *Olivenöls* findet Biot für diesen

$$DT = 0{,}950667\,t + 0{,}00075\,t^2 - 0{,}0000016667\,t^3.$$

In einer kaltmachenden Mischung von — 14° R. zeigte das Oelthermometer nahe gleich viele Grade, so lange das Oel flüssig war. Die Formel giebt für $-t = 14°$ ..... $DT = -13{,}21$. Wenn aber das Oel gestand, so sank es tief herab, und stieg auch bei erhöheter Wärme nicht, bis es wieder flüssig geworden war, und dann bald wieder seinen ursprünglichen Gang befolgte. Sucht man den Punct der gröfsten Dichtigkeit, so giebt $\frac{dDT}{dt} = 0$:

$$0 = 0{,}950667 + 0{,}0015\,t - 0{,}000005\,t^2,$$

deren Wurzeln für das Minimum $= -311°{,}1$ und für das Maximum $= +611°{,}1$ beide aufserhalb derjenigen Temperaturen liegen, wobei das Oel noch tropfbar flüssig ist. Paucker findet:

$$DT = 0{,}95713302 + 0{,}0005221126\,t^2 - 0{,}0000000912002\,t^3.$$

Sucht man hieraus das Maximum der Dichtigkeit, so giebt $\frac{dDT}{dt} = 0$ die Gleichung:

$$0 = 0{,}95713302 + 0{,}0010442252\,t - 0{,}0000002736006\,t^2$$

deren beide Wurzeln $= 188930°{,}8$ und $192722°{,}2$ beide aufser den Grenzen jeder denkbaren Temperatur liegen.

Für *Kamillenöl* ist nach de Lüc's Versuchen und Biot's Rechnung:

---

1 In Dalton's Neu. Syst. d. chem. Theils d. Nat. I. 43. ist die Ausdehnung zwischen den genannten Temperaturen $= \frac{1}{9} = 0{,}111\ldots$ angegeben, eine allerdings überraschende Genauigkeit, welche daraus erklärlich wird, dafs bei den Gilpinschen und Daltonschen Versuchen nahe absoluter Alkohol angewandt, die Ausdehnung aber nicht bis zur Siedehitze desselben untersucht wurde.

Digitized by Google

$DT = 0{,}9204416\,t + 0{,}0013056\,t^2 - 0{,}0000038891\,t^3$, welche Formel die Grade mit denen durch Versuche gefundenen sehr nahe übereinstimmend giebt. Die Werthe für das Maximum und Minimum der Dichtigkeit sind — 189° und + 413°, woraus folgt, dafs diese Substanz gesteht, ohne sich auszudehnen.

Für *Serpoletöl* ist auf gleiche Weise

$DT = 0{,}949336\,t - 0{,}0001667\,t^2 + 0{,}00001\,t^3$.

Hierfür giebt die Differenzialgleichung:

$0 = 0{,}949336 - 0{,}0003334\,t + 0{,}00003\,t^2$

zwei imaginäre Wurzeln, so dafs also kein Maximum und kein Minimum statt findet.

Für *gesättigte Salzsole* endlich ist

$DT = 0{,}820006\,t + 0{,}0020275\,t^2 + 0{,}0000027751\,t^3$

mit den Beobachtungen genau übereinstimmend. De Lüc beobachtete eine Ausdehnung vor dem Gefrieren, die Gleichung für das Maximum der Dichtigkeit ist aber

$0 = 0{,}820006 + 0{,}004055\,t + 0{,}0000083251\,t^2$;

deren Wurzeln beide imaginär sind, wonach es also kein Maximum der Dichtigkeit geben kann. Dieser scheinbare Widerspruch fällt indefs weg, wenn man berücksichtigt, dafs vor dem Gestehen das aufgelösete Salz ausgeschieden wird, die beobachtete Ausdehnung daher dem nicht mit Salz gesättigten Wasser zukommt. Man sieht aus dieser Uebersicht, dafs zwar bereits viel zur Auffindung der Gesetze der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten geschehen, aber auch noch viel zu thun übrig ist.

C. Ausdehnung expansibeler Flüssigkeiten.

Unter den expansibelen Flüssigkeiten ist hauptsächlich die Ausdehnung der atmosphärischen Luft oft und auf verschiedene Weise untersucht, vorzüglich deswegen, weil man sie als thermoskopisches Mittel anwenden wollte, und ausserdem war die Auffindung dieses Gesetzes wichtig für barometrische Höhenmessungen und für die Berechnung der astronomischen Strahlenbrechung. Die Unvollkommenheit der gebrauchten Apparate, mindere Sorgfalt beim Experimentiren und die Nichtentfernung der Feuchtigkeit aus der unter-

Digitized by Google

suchten Luft macht indefs eine Menge Versuche unzuverlässig.

Zuerst mafs Amontons [1] zur Regulirung seines Normalthermometers die Ausdehnung der Luft zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers, und fand diese als endliches Resultat = 0,380, das Volumen derselben bei 0° = 1 gesetzt. Seine, wie das Resultat zeigt, sehr genauen Versuche wurden mit abgeänderten Apparaten wiederholt durch Nuguet [2], welcher aber einmal eine doppelte, und das anderemal sogar eine sechszehnfache Audehnung der Luft durch 80° R. Wärme erhielt. Wenig besser fand la Hire [3] diese Gröfse vermittelst des Amontonschen Apparates zuerst = 1,5, später aber = 3,5, und glaubte daher, die Natur der Luft sey überhaupt noch zu wenig bekannt, um dieses Gesetz genau aufzufinden. Richtiger dagegen erhielt Hawksbee [4] diese Gröfse = 0,455; Crucquius [5] = 0,411; Poleni [6] nur = 0,333; Bonne [7] vermittelst des Manometers = 0,462, und Musschenbroek [8] = 0,500, welcher Angabe Desagüliers [9] und Nollet [10] beitraten. Um so merkwürdiger bei diesen grofsen Abweichungen ist die genaue Uebereinstimmung des durch Lambert [11] erhaltenen Resultates mit denen der neuesten und besten Versuche, indem dieser die Ausdehnung der trocknen Luft = 0,375 angiebt. Weniger von der Wahrheit sich entfernend sind die später gefundenen Gröfsen. Durch Barometermessungen bei verschiedenen Temperaturen fand de Lüc [12] die Ausdeh-

1 Mém. de Par. 1699. 1702 und 1703. p. 200.

2 Mém. de Trevoux 1705. Oct.

3 Mém. de l'Ac. 1708. p. 274.

4 Physico-mechanical Exper. p. 170. Phil. Tr. XXVI. 95.

5 Phil. Tr. 1720—23.

6 Lambert Pyrom. p. 42.

7 Lalande Astron. II. 545.

8 Instit. Phys. p. 593.

9 Phil. Tr. n. 407.

10 Leçons de Phys. III. 251.

11 Pyrom. p. 47.

12 Unters. üb. d. Atm. II. 128 ff. Recherches sur les Modif. cet. IV. ch. 5.

Digitized by Google

nung der Luft = 0,372; J. T. Mayer[1] durch Versuche = 0,3755; Shuckburg[2] bestimmt diese Gröfse = 0,437; Roy[3] durch eine grofse Reihe von Versuchen mit dem Luftthermometer = 0,4122, wobei er zugleich gefunden haben wollte, dafs der Coefficient der Ausdehnung der Luft für verschiedene Temperaturen und Dichtigkeiten derselben verschieden sey.

Ein indirectes Mittel, die Ausdehnung der Luft zu bestimmen, wurde aus der astronomischen Strahlenbrechung hergenommen, indem die Luft das Licht bei seinem Durchgange durch dieselbe weniger bricht, wenn sie dünner ist. Tob. Mayer nämlich fand, dafs die lichtbrechende Kraft der Luft durch eine Wärmezunahme von 10° R. um $\frac{1}{22}$ abnähme, wonach die Ausdehnung derselben zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers = 0,3656 seyn würde[4]. Diese Gröfse ist etwas zu klein. Indefs bemerkt Gilbert[5] scharfsinnig, dafs Lichtenberg auf Mayers Thermometer den Siedepunct bei 82°,5 gefunden habe, und wenn er sich eines solchen bediente, so würde jene Gröfse = 0,377 werden, welches den genauesten späteren Bestimmungen sehr nahe kommt. Diesem ähnlich ist der Coefficient der Ausdehnung der Luft, welchen Kramp[6] aus den Resultaten der astronomischen Strahlenbrechung ableitet, nämlich 0,381.

Indefs bediente man sich statt dieses indirecten Mittels stets wieder der directen. Hierdurch fand Saussure[7] vermittelst des Manometers 0,339; Vandermonde, Berthollet und Monge[8] nach neuen Versuchen 0,4328; gro-

1 Ueber d. Ausmessen der Wärme u. s. w. p. 86. Vergl. Gilbert's Berechnungen Ann. XXV. 396.

2 Phil. Tr. LXVII. 513.

3 Ebend. p. 689. Vergl. Robison's System of Mech. Phil. III. 669.

4 J. T. Mayer de refractionibus astron. Altd. 1781. Montucla Hist. des Math. IV. 135. Vergl. Kramp Analyse des refract. astron. p. 14.

5 Ann. XIV. 279.

6 Geschichte d. Aërost. I. 112.

7 Essay sur l'Hygrom. p. 108. Deut. Ueb. p. 132.

8 Mém. de l'Ac. 1786. p. 36.

Digitized by Google

fses Aufsehen aber mufste es erregen, als Priestley[1] den so oft bestimmten Coefficienten = 0,9375 fand[2]. Noch wohl merkwürdiger aber ist es, dafs die Versuche, welche de Morveau zur endlichen Berichtigung dieser verschiedenen Angaben mit Prieur dii Düvernois über die Ausdehnung der Luft, des Sauerstoffgas, Stickgas, Wasserstoffgas, kohlensauren, salpetrigsauren und Ammoniakgas anstellte, nicht blofs dieses nämliche Resultat gaben, sondern auch die früher behauptete ungleiche, mit den Temperaturen steigende Ausdehnung dieser verschiedenen expansibelen Flüssigkeiten unter sich und bei wachsenden Temperaturen bestätigten[3]. Die Ausdehnung der atmosphärischen Luft sollte nämlich seyn

von 0°	bis 20°	R. . . .	0,0789
20 „	40 „	. . .	0,1781
40 „	60 „	. . .	0,2794
60 „	80 „	. . .	0,4004
von 0°	bis 80°	R. . . .	0,9368.

Prony[4] hat nach diesen Versuchen eine allgemeine Formel entworfen, und eine Tabelle der Ausdehnungen berechnet, welche Formel indefs durch Trembley[5] mit Recht einer genauen Kritik unterworfen ist. Viele Sorgfalt verwandte Sulzer[6] auf seine Versuche, und erhielt daher auch richtigere Resultate, indem er die gesuchte Gröfse = 0,468 fand. Zu diesen älteren Bestimmungen läfst sich noch die Angabe Achards[7] zählen, welcher einen Unterschied zwi-

1 Exper. and Observ. V. Sect. 32. VII. Sect. 6.

2 Priestley stellte seine Versuche aufser mit atmosphärischer Luft auch mit Sauerstoffgas, Stickgas, Wasserstoffgas, Salpetergas, Kohlensäure, salzsaurem, schwefligsaurem, flufssaurem und Ammoniakgas an, und fand die Ausdehnungen bei allen verschieden. Eben diese, aufser schwefligsaurem und flufssaurem Gas wurden auch durch de Morveau untersucht.

3 Ann. de Chim. I. 256. Gren J. I. 293.

4 Journ. Polytech. I. 37. Neue Architect. Hydraul. übers. v. Langsdorf. Frankf. 1795. 2 Vol. 4. I. §. 521. u. Tab. 6. Scherer Journ. VIII. 245.

5 Mém. de Berl. 1798. p. 38.

6 Ebend. 1750. p. 124.

7 Ebend. 1786. p. 19 ff. Es ist seltsam, dafs Saussüre die Ausdehnung der trocknen Luft gröfser gefunden haben wollte, als der

Digitized by Google

schen der Ausdehnung der feuchten und trocknen Luft wahrgenommen haben will.

Die Ursache einer so grofsen Verschiedenheit der Resultate, welche einzeln zu beschreiben oder kritisch zu prüfen zweckwidrig seyn würde, liegt sowohl in der minderen Genauigkeit im Experimentiren und der Schwierigkeit der Aufgabe, als auch vorzüglich darin, dafs etwas Feuchtigkeit mit der angewandten Luft verbunden oder in den Apparaten zurückgeblieben war, aus welcher daher durch Vermehrung der Wärme stets neue Quantitäten expansibeler Flüssigkeiten nach den Gesetzen der Dampfbildung entstehen mufsten. Eigentlich verdienen daher nur die späteren, mit grofser Sorgfalt angestellten Versuche eine nähere Berücksichtigung, beweisen indefs zugleich die grofse Genauigkeit von einigen der älteren.

Um die zuletzt genannten, so vielen früheren widersprechenden, Resultate der Versuche von Morveau und Düvernois zu prüfen, unterwarf G. G. Schmidt [1] das Verhalten sowohl der trocknen, als auch der feuchten Luft und der verschiedenen Gasarten bei verschiedenen Temperaturen einer neuen gründlichen Untersuchung. Einiger Mangel der Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Versuche lassen sich aus der von ihm befolgten, genau angegebenen Methode leicht erklären. In der Hauptsache aber geben dieselben folgende wesentliche Resultate: 1. die Ausdehnung der atmosphärischen Luft ist von 0° bis 160° R. *gleichförmig*, und beträgt zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers 0,3574 des Volumens bei 0° R. 2. Auch das Sauerstoffgas dehnt sich regelmäfsig, und zwar um 0,3213 seines Volumens durch die genannte Temperaturdifferenz aus. 3. Bei Wasserstoffgas, kohlensaurem und Stickgas ist die Ausdehnung sehr nahe regelmäfsig, und beträgt bei dem ersteren 0,4400, bei dem andern 0,4352 und

feuchten. Achard sagt dagegen: Après m'être assuré, que par des degrés de température égaux l'air a un plus grand dégré d'élasticité ou d'expansibileté, lorsqu'il est combiné avec un plus grand nombre de parties aqueuses cet.

1 Gren N. J. IV. 320 und 370.

bei dem dritten 0,4787 des ursprünglichen Volumens für die Temperaturdifferenz zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers. 4. Die Ausdehnung der feuchten Luft ist gröfser als die der trocknen, und beträgt bei 100° des Hygrometers für 80° R. 2,35740 des ursprünglichen Volumens bei 0°.

Später hat ebenderselbe abermals Versuche mit einem Lufthermometer angestellt, und als Mittel aus allen mit Einschlufs der Correction wegen der Ausdehnung des Gefäfses die Gröfse der Ausdehnung zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers = 0,3819 bis 0,3849 gefunden. Zwei schätzbare Reihen correspondirender Beobachtungen desselben am Thermometer, Barometer und Manometer (eigentlich Dasymeter), also nach einer sonst nicht angewandten Methode, gaben jene Gröfse für gemeine atmosphärische Luft = 0,38536 bis 0,3928 [1].

Erwähnung und Beachtung verdienen gewifs auch diejenigen Versuche, welche der Oberkaplan Luz zu Gunzenhausen angestellt hat [2]. Er bediente sich hierzu eines Manometers aus einer genau calibrirten Röhre mit einer angeblasenen Kugel bestehend, deren Inhalt er durch Abwiegen mit Quecksilber scharf bestimmte, und die er mit Quecksilber auskochte, um die etwa anhängende Feuchtigkeit wegzuschaffen. Dann füllte er den Apparat mit der zu messenden Luft, sperrte diese durch etwas Quecksilber, senkte Kugel und Röhre bis an das sperrende Quecksilber in Eis, bezeichnete den Standpunct mit 0, und mafs dann die Ausdehnungen von 10 zu 10 Graden R., wobei er folgende Resultate erhielt, das Volumen bei 0° = 1 gesetzt:

---

1 Hauf physiocratischer Briefwechsel St. I. Vergl. Schmidt Handb. d. Naturl. I, 274.

2 Vollständige Beschreibung aller Barometer u. s. w. Nürnberg 1784. p. 416.

Digitized by Google

Grade nach R.	Ausdehnungen					
	mit Salzen getr. Luft	Differ.	gemeine Luft von 50° Sauss. Hygr.	Differ.	Ganz feuchte Luft	Differ.
		0,0470		0,0490		0,0480
10	0,0470		0,0490		0,0480	
		0,0495		0,0535		0,0630
20	0,0965		0,1025		0,1110	
		0,0463		0,0555		0,0840
30	0,1528		0,1580		0,1950	
		0,0472		0,0470		0,0955
40	0,1900		0,2050		0,2905	
		0,0480		0,0470		0,0825
50	0,2380		0,2520		0,3730	
		0,0480		0,0470		
60	0,2860		0,2990			
		0,0460		0,0450		
70	0,3320		0,3440			
		0,0455		0,0395		
80	0,3775		0,3835			

Die Versuche gehören unstreitig zu den genauesten, welche überhaupt angestellt sind, und verdienen selbst den späteren von Dalton und Gay-Lüssac an die Seite gesetzt zu werden. Als Resultat folgt aus denselben:

1. Die Ausdehnung der völlig trocknen Luft ist durchaus regelmäfsig, und beträgt zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers mit Einschlufs der Correction wegen des Glases 0,38202, oder wenn man wegen des Barometerstandes $= 27''$, bei welchem das Thermometer graduirt war, und zur Ausgleichung der Fehler nahe beim Siedepuncte aus den Differenzen von 0° bis 70° das arithmetische Mittel $= 0{,}04742$ sucht, dieses mit 8 multiplicirt und für die Ausdehnung des Glases corrigirt; 0,38352.
2. Gewöhnliche feuchte Luft scheint sich in den niederen Temperaturen stärker auszudehnen, als trockne. Können die Beobachtungen für völlig genau angesehen wer-

den, so berechtigen sie zu der Folgerung, dafs feuchte Luft, oder solche, welcher viele Wasserdämpfe beigemischt sind, sich in den niederen Graden der Temperatur stärker, als trockne, ausdehnt, und dafs diese gröfsere Ausdehnung keine Folge von beigemischtem tropfbar flüssigen Wasser ist. Es folgt dieses daraus, dafs die Differenzen der Ausdehnung von 0° bis 30° wachsen, da doch die Luft sicher unter 20° R. aufgefangen war, und daher der Condensationspunct der enthaltenen Wasserdämpfe *unter* dieser Temperatur, wahrscheinlich aber nicht höher als etwa 10 bis 12 Gr. R. lag.

Diejenigen Versuche, welche in den neuesten Zeiten fast allein und ausschliefslich als gültig und vollkommen genügend angesehen wurden, sind durch Gay-Lüssac und Dalton angestellt, und insbesondere werden die durch ersteren erhaltenen Gröfsen fast ohne Ausnahme bei allen Berechnungen zum Grunde gelegt[1]. Dieser bediente sich eines Ballons D mit einem etwas verlängerten Halse, an welchem
Fig. 104. sich entweder eine eiserne Fassung mit einem Hahn befand, oder dessen Ende mit einer feinen Theilung versehen war. Die Mündung des Halses wurde in einer kleinen Wanne mit Quecksilber MC gesperrt, und der Apparat so gehalten, dafs vermittelst der aufgetragenen Theilung die Höhe genau bestimmt werden konnte, bis zu welcher die Luft, ohne durch einen gröfseren Druck, als den der Atmosphäre, zusammengedrückt zu seyn, denselben füllte. Die andern Gasarten, aufser der atmosphärischen Luft, wurden vermittelst einer krummgebogenen, mit der oberen Mündung einer
Fig. 105. Glocke verbundenen Röhre T in den Ballon gebracht, indem diese, mit der zu prüfenden Gasart gefüllt, in ein Gefäfs mit Wasser (oder Quecksilber?) eingetaucht wurde, wobei das Gas durch die krummgebogene Röhre in den Ballon entweichen mufste. Eine ähnliche krummgebogene, mit dem einen Schenkel in die Mündung des Ballons gebrachte, mit
Fig. 104. der andern durch Quecksilber leicht gesperrte Röhre B verstattete der Luft im Ballon bei der Erhitzung ohne Hinder-

1 Ann. de Chim. XLIII. 137 ff. G. XII. 255. Pfaff u. Friedländer's Neueste Entd. franz. Gel. 1803. II. 25.

Digitized by Google

nifs zu entweichen. Der so vorgerichtete Ballon wurde dann nebst dem sperrenden Quecksilber in einem Gefäfse mit Wasser bis zur Siedehitze durchaus erwärmt, erkaltete demnächst bis zum Gefrierpuncte, wodurch statt der ausgetriebenen Luft Quecksilber eindringen mufste, und dann wurde dieses, und dasjenige, welches den Ballon ganz füllte, genau gewogen, wodurch das Verhältnifs der Ausdehnung gegeben war. Sechs auf diese Weise mit atmosphärischer Luft angestellte Versuche gaben die Ausdehnung derselben zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers = 0,374; 0,376; 0,3744; 0,3755; 0,3748; 0,3757, also im Mittel 0,375. Bei Wasserstoffgas aus Eisen und sehr verdünnter Schwefelsäure wurde die Ausdehnung in zwei Versuchen = 0,3749 und 0,3756 gefunden; bei Sauerstoffgas = 0,3747; 0,3754; 0,3745, bei Stickgas = 0,3742; 0,3756; 0,3750; 0,3746; 0,3755.

Um die im Wasser auflöslichen Gasarten zu untersuchen bediente sich der nämliche Gelehrte eines sehr einfachen Apparates. Zwei Glasröhren T T, aus *einem* Cylinder ge- Fig. schnitten, wurden vermittelst eines kleinen Gefäfses mit 106. Quecksilber graduirt, und mit gleichen Abtheilungen bezeichnet, dann in einer kleine Quecksilberwanne A C bis zu gleichen Abtheilungen die eine mit atmosphärischer Luft, die andere mit einer andern Gasart gefüllt, und bei verschiedenen Wärmegraden beobachtet. Es zeigte sich indefs nicht die mindeste Verschiedenheit der Ausdehnungen bei beiden, vorausgesetzt, dafs sie völlig trocken in die Röhren kamen. Auf diese Weise wurden untersucht *kohlens. Gas, salzs. Gas, schweflichts.* und *Salpetergas*, auch zeigte *Ammoniakgas*, wenn es hinlänglich getrocknet war, keine gröfsere Ausdehnung als atmosphärische Luft. Indem hierdurch also bewiesen war, dafs das Volumen aller permanent elastischer Gasarten sich durch gleiche Zunahmen der Wärme um gleiche Gröfsen vermehre, so führte dieses zu der Vermuthung, dafs auch die *Dämpfe* dem nämlichen Gesetze unterworfen wären, welcher Satz durch einen directen Versuch mit dem zuletzt beschriebenen Apparate durch Vergleichung des Verhaltens von *Schwefelätherdampf* mit atmosphärischer Luft unmittelbar bestätigt wurde.

Digitized by Google

Bei der Erzählung dieser Versuche mufs es allerdings auffallen, dafs alle einzelnen, so genau übereinstimmenden, Resultate angegeben sind, ohne dafs irgendwo von der nothwendigen Correction wegen der Ausdehnung des Glases die Rede ist. Unmöglich liefs sich vermuthen, dafs Gay-Lüssac für jede einzelne Beobachtung diese Gröfse mit berechnet, und dieses nicht vielmehr erst bei dem arithmetischen Mittel aus allen gethan haben sollte. Es war daher natürlich, dafs gründliche deutsche Physiker, namentlich Gilbert[1], diese Correction hinzufügten. Man hat indefs seitdem der Autorität des de la Place[2] getraut, welcher versichert, dafs Gay-Lüssac diese Correction selbst hinzugefügt habe.

Schon früher als diese Versuche angestellt wurden, beschäftigte sich Dalton mit dem nämlichen Gegenstande, und machte die erhaltenen, nahe mit jenen übereinstimmenden Resultate bekannt[3]. Diese wurden auf die Weise angestellt, dafs Luft über Schwefelsäure getrocknet, in graduirten gläsernen Röhren einer verschiedenen Temperatur ausgesetzt, und die dann beobachtete Ausdehnung derselben gemessen wurde. Als Resultat will Dalton erhalten haben, dafs trockne Luft sich durch eine Temperaturerhöhung von 157°F. um 0,321 ihres Volumens ausdehnt. Hierzu setzt er noch 4 Theile für das Glas, wonach also 0,325 Theile für 157°F. gehören, mithin bei gleichförmiger Ausdehnung 0,373 Theile für 180° F. Allein eben die gleichförmige Ausdehnung will Dalton, seinen theoretischen Ansichten zuwider, nicht beobachtet, vielmehr eine mit der Temperatur abnehmende gefunden haben. Darin stimmen aber seine Resultate vollkommen mit denen von Gay-Lüssac überein, dafs auch Wasserstoffgas, Sauerstoffgas, kohlensaures und Salpetergas, mithin der Analogie nach alle Gasarten, sich ganz wie atmosphärische Luft ausdehnen, desgleichen ergiebt sich aus den von Dalton über das Verhalten der Dämpfe und der feuchten Luft aufgestellten Gesetzen, dafs auch feuchte, nur nicht mit tropfbar flüssigem Wasser gemengte Luft, also

1 Ann. XII. 396. Vergl. Soldner ebend. XXV. 415.

2 Mécan. cél. IV. 270.

3 Memoirs of the Litterary and Philosophical Society of Manchester. Lond. 1802. V. P. II. p. 595. G. XII. 310.

Digitized by Google

auch Wasserdämpfe und überhaupt alle vollkommen expandirte Dämpfe eine gleiche Ausdehnung haben, als atmosphärische Luft. Dieses *Gesetz* ist dasjenige, welches seitdem unter dem Namen des *Daltonschen* und *Gay-Lüssacschen* ganz allgemein in Anwendung gebracht ist[1], und rücksichtlich der absoluten Gröfse, um welche sich ein Luftvolumen vom Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte ausdehnt, nimmt Dalton später als Gesammtresultat seiner Versuche = 0,376 an[2].

Aufser der oben erwähnten Reihe von Versuchen hat Gay-Lüssac noch eine zweite mit gröfserer Sorgfalt angestellt, um die Ausdehnung der expansibelen Flüssigkeiten genau auszumitteln, und diese sind es wohl vorzüglich, worauf sich das oben gleichfalls erwähnte Urtheil La Place's bezieht[3]. Die dabei gebrauchten Apparate und das angewandte Verfahren beschreibt Biot[4]. Gay-Lüssac bediente sich, wie früher Luz, der calibrirten Glasröhren mit einer Kugel, bestimmte das Verhältnifs der Kugel zur Röhre durch Abwägen mit Quecksilber, kochte dann diesen Apparat mit Quecksilber aus, um alle Feuchtigkeit fortzuschaffen, legte ihn, nachdem Luft hineingelassen war, in eine Wanne mit Wasser horizontal, um sowohl die Kugel als auch die Röhre einer ganz gleichen Temperatur auszusetzen, und bestimmte die Grade der Wärme nach einem Quecksilberthermometer, die Ausdehnung aber nach den auf den Röhren befindlichen Abtheilungen. Die Figur zeigt den Durchschnitt der ganzen Vorrichtung. In dem blechenen Gefafse A A B B nämlich befindet sich Wasser zur Erwärmung der Luft in den Kugeln der Röhren G G, t t, welche durch die Körke o o gehen. Das Wasser im Gefäfse wird durch Weingeistlampen erhitzt, und die Temperatur vermittelst des Thermometers p gemessen. Das Gefäfs T T ist mit salzsaurem Kalke gefüllt, um das in die Röhre geleitete Gas völlig trocken zu erhalten, wenn vermittelst eines kleinen Eisendrahtes das Quecksilber aus der Röhre gebracht, und statt dessen Luft

Fig. 107.

1 G. XV. 56.

2 Neues Syst. d. chem. Theils d. Naturwissensch. I. 25.

3 Méc. cél. IV. XX. ff. u. 270 ff. Vergl. G. XXV. 393.

4 Traité. I. 182.

Digitized by Google

hineingelassen wird. Eine Verbesserung dieser Vorrichtung läfst sich anbringen, wenn man die Röhren dicht vor der Kugel $a\,a$ in einen rechten Winkel umbiegt, indem es hier- Fig. 108. durch viel leichter wird, durch Aufrichten der Kugel diese so weit mit Luft oder Dampf zu füllen, dafs der Anfang des sperrenden Quecksilbers gerade auf 0 der Theilung zu stehen kommt.

Die Ausdehnung der untersuchten Substanzen für die beobachteten Grade der Wärme läfst sich aus den abgelesenen Graden der Röhre leicht berechnen. Ist nämlich V das ursprüngliche Volumen, δ die Ausdehnung desselben, so ist $V(1+\delta)$ das durch die Temperatur vermehrte. Heifst dann V', das beobachtete gröfsere Volumen, so ist dieses mit Einschlufs der Correction wegen Erweiterung des Gefäfses $= V'(1+3kt)$, wenn k die lineare Ausdehnung der Substanz des Gefäfses für 1° derjenigen Temperatur bedeutet, welche durch t bezeichnet wird. Demnach ist

$$V(1+\delta) = V'(1+3kt) \text{ und}$$

$$\delta = \frac{V'(1+3kt) - V}{V} = \frac{V'(1+3kt)}{V} - 1.$$

Wollte man die bei einem Barometerstande $=$ h gemessenen Volumina der Luft auf einen bestimmten Barometerstand $=$ H reduciren; so müfsten in der Formel V und V' mit $\frac{h}{H}$ multiplicirt werden. Indem aber das Gesetz der Ausdehnung schon der Natur der Sache nach für jeden Barometerstand gelten mufs, so wäre es überflüssig, diese Correction anzubringen. Aendert sich indefs während des Versuches der Barometerstand aus h in H, so mufs die Formel noch mit $\frac{H}{h}$ multiplicirt werden.

Auf diese Weise fand Gay-Lüssac, dafs die Ausdehnung der atmosphärischen Luft und aller Gasarten durch alle Grade gleichförmig, und für die Temperatur zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers $= 0{,}375$ ist. Gemeine, nicht ausgetrocknete, und daher mit Wasserdampf gemengte atmosphärische Luft zeigte oberhalb derjenigen Temperatur, bei welcher sie in die Glasröhren gebracht

Digitized by Google

war, für gleiche Temperaturerhöhungen gleiche Vermehrungen ihres Volumens, und indem eben dieses auch bei den Dämpfen des Schwefeläthers der Fall war, so gründete Gay-Lüssac hierauf den seitdem allgemein angenommenen Schluſs, daſs feuchte, wie trockne, Luft und alle Arten Dämpfe sich ganz auf gleiche Weise ausdehnen.

Später als alle diese erwähnten Versuche wurde auf Veranlassung einer Preisfrage der Akademie der Wissenschaften und Künste zu Rouen dieser nämliche Gegenstand aufs Neue durch H. Flaugergues in Untersuchung genommen, und seine Abhandlung gekrönt. Ein Auszug aus derselben enthält auſser einer geschichtlichen Uebersicht der früheren Bemühungen folgende wesentliche Resultate [1]. Durch 102 von 5 zu 5 Graden der 80theil. Scale angestellte Beobachtungen fand er die Ausdehnungen der Luft den Zunahmen der Wärme proportional, und im Ganzen zwischen den festen Puncten des Thermometers = 0,371168. Er bediente sich hierzu, wie Gay-Lüssac bei seinen ersten Versuchen, einer Flasche, welche getrocknet, dann mit einer Glasscheibe verschlossen bis auf den erforderlichen Grad der Wärme erhitzt, und nachdem die ausgedehnte Luft zum aliquoten Theile entwichen war, wieder bedeckt und unter Wasser geöffnet wurde, so daſs aus dem Verhältniſs des eingedrungenen Wassers zum Inhalte des Ganzen die Ausdehnung der Luft berechnet werden konnte. Von einer Correction wegen der Ausdehnung des Glases ist hierbei nicht die Rede, und man darf daher auch hier vermuthen, daſs sie bei den einzelnen Resultaten vielleicht nicht mitberechnet ist. Müſste sie noch hinzugesetzt werden, so wäre die wirkliche Ausdehnung = 0,375671. Indeſs ist es an sich nicht wahrscheinlich, daſs Flaugergues eine damals so bekannte und so nahe vorliegende Correction übersehen haben sollte, und auſserdem stimmt der erhaltene Coefficient der Ausdehnung sehr genau mit demjenigen überein, welchen derselbe nachher durch ein etwas abgeändertes Verfahren erhielt. Er bemerkt nämlich, daſs noch niemand Versuche über die Ausdehnung der Flüssigkeiten in Gefäſsen angestellt hätte, welche ihre eigene

1 Journ. de Ph. LXXVII. 273. ff.

Digitized by Google

Ausdehnung compensirten. Hierzu wählte er daher ein gläsernes cylinderförmiges Gefäfs, worin sich ein anderes cylinderförmiges von Blei befand, dessen gröfsere Ausdehnung die des gläsernen compensirte, und erhielt hiermit folgende Resultate, wenn R Grade des 80theil. Thermometers, n die Zahl der Versuche, a die Ausdehnung nach Versuchen, a' nach Rechnung unter der Voraussetzung, dafs sie den Incrementen der Wärme direct proportional sey, und Δ die Differenzen bezeichnet, das Volumen bei $0° = 1$.

R	n	a	a'	Δ
10	5	1,04640	1,04647	−0,00007
20	4	1,09308	1,09293	+0,00015
30	5	1,13943	1,13940	+0,00003
40	6	1,18569	1,18587	−0,00018
50	4	1,23188	1,23234	−0,00046
60	5	1,27905	1,27881	+0,00024
70	5	1,32563	1,32527	+0,00036
80	8	1,37174	1,37174	0,00000

Die hier mitgetheilten Resultate oft wiederholter Versuche eines durch seine Gewandtheit im Calcül, wie durch seine Fertigkeit im Experimentiren rühmlichst bekannten Physikers stimmen mit den früher erhaltenen und unter sich so genau überein, dafs man allerdings Bedenken tragen mufs, sie denen von Gay-Lüssac nachzusetzen. Späterhin stellte ebenderselbe noch 10 Versuche über die Ausdehnung der gewöhnlichen, im Freien aufgefangenen Luft an, und fand die Vermehrung des Volumens bei dieser = 0,411, also beträchtlich gröfser als der trocknen[1].

Vergleicht man die drei zuletzt erwähnten Versuchsreihen, so liegt das durch Gay-Lüssac erhaltene Resultat gerade in der Mitte, welches allerdings sehr für dasselbe entscheidet. Indefs haben dennoch die durch Luz angestellten Versuche, verglichen mit denen von Schmidt, und auf der andern Seite auch die zuletzt erwähnten von Flaugergues so viel für sich, dafs es fraglich ist, ob man diesemnach die Aufgabe über die Ausdehnung der Gasarten

1 J. d. Ph. LXXXIII. 344.

Digitized by Google

für absolut entschieden ansehen darf. Alle bisher angegebenen Versuche beschränkten sich auf die Ausdehnung der Luft zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers. Für höhere und niedrige Grade sind nur wenige Beobachtungen vorhanden, und dieser ist kein sonderlicher Verlust, da man als ausgemacht ansehen kann, dafs die Luft sich stets gleichmäfsig ausdehnt, so lange sie keine chemische Zersetzung oder keine Veränderung ihres Aggregatzustandes erleidet Indefs will Robin [1] gefunden haben, dafs das Luft durch die Hitze des weifsglühenden Eisens um das Vierfache ihres ursprünglichen Volumens ausgedehnt wird, welches beiläufig eine Temperatur von 1066° C. andeutet, die Ausdehnung der Luft = 0,00375 für 1° C. angenommen. Auch G. G. Schmidt [2] prüfte die Ausdehnung in höheren Graden, und fand sie bei 160° R. = 0,7172, bei einer Hitze, welche das Glas weich machte = 2,20. Die genauesten Versuche sind ohne Zweifel die durch Dülong und Petit [3] angestellten, wonach sie fanden, dafs die Ausdehnung der Luft und der Gasarten von — 36° bis 360° C. stets gleichmäfsig, und zwar = 0,00375 für jeden Grad C. ist.

Die meisten der erwähnten Versuche über die Ausdehnung der Gasarten endlich sind mit denselben unter mittlerem oder wenig davon abweichendem Luftdrucke angestellt. Amoutons [4] suchte indefs den Coefficienten der Ausdehnung der Luft auch für verschiedene Dichtigkeiten zu bestimmen, und fand ihn überall gleich, Roy [5] dagegen wollte ihn mit der Dichtigkeit zunehmend gefunden haben. H. Davy [6] hat das Gesetz mit Luft von $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ und 2facher Dichtigkeit geprüft, und überall bestätigt gefunden.

Noch verdient eine Behauptung von Dalton hier erwähnt zu werden, welche ein allgemeines Naturgesetz aufstellend

1 Neue Grundsätze der Artillerie, durch Euler. Berl. 1795. 8. p. 963.

2 Gren N. J. IV. 335.

3 Ann. de Chim. et de Phys. VII. 120.

4 Mém. de Par. 1702.

5 Phil. Trans. LXVII.

6 Phil. Trans. 1823. II. 201.

Digitized by Google

lange Zeit hindurch viel Aufmerksamkeit erregte. Dalton stellt nämlich die Hypothese auf, welche nach ihm die *Daltonsche Theorie* genannt ist, dafs alle permanent elastische Flüssigkeiten sich in einer geometrischen Progression ausdehnen, wenn die Wärme in einer arithmetischen wächst, alle homogene Flüssigkeiten aber vom Puncte des Gefrierens oder ihrer gröfsten Dichtigkeiten sich um Gröfsen ausdehnen, welche sich wie das Quadrat der Temperaturen verhalten[1]. Dalton hat dieses Gesetz auf die verschiedensten Flüssigkeiten angewandt, und die Resultate der Beobachtungen mit denen, welche er durch Rechnung erhielt, verglichen, wobei allerdings eine nahe genaue Uebereinstimmung stattfindet, indem keine Beobachtung absolut genau ist, und daher die Fehler der Theorie mit denen der Beobachtungen leicht zusammenfallen können. Dasjenige, was ihn vorzüglich bewog, diesen Satz aufzustellen, wonach die Ausdehnungen der Flüssigkeiten, namentlich des Quecksilbers im Thermometer sich in den niederen Graden der Wärme weniger als in den höheren ausdehnen müssen, ist das Resultat von Versuchen, wonach DE Lüc fand, dafs ein Quecksilberthermometer in Mischungen aus Wasser von verschiedenen Temperaturen nicht das arithmetische Mittel beider zeigt, sondern stets etwas weniger[2]. Wenn er nämlich gleiche Quantitäten Wasser von 80° und 0° R. zusammengofs, so zeigte das Quecksilberthermometer in der Mischung nicht 40°, sondern nur 38°,6. Wäre dieses Resultat eines Versuches, welchen schon RENALDINI[3] anstellte, wirklich ganz über allen Zweifel erhaben, so würde es allerdings die aufgestellte Theorie unterstützen oder völlig begründen. Indefs behauptet GAY-LÜSSAC[4] die Grade des Quecksilberthermometers mit denen des Luftthermometers für alle Grade zwischen dem Gefrierpuncte und Siedepuncte genau übereinstimmend gefunden zu haben, welches gegen diese Hy-

1 Ein neues System d. chem. Theils d. Naturwissenschaft. I. 16. Vergl. G. XIV. 275 und 288.

2 Recherches sur les Modif. de l'atmos. II. 160 ff.

3 Phil. nat. Patav. 1694 III. 276. Vergl. Lambert Pyrometrie p. 52. Kraft Com. Pet. XIV, 229. S. *Thermometer*.

4 La Place Méc. cél. IV. 270.

Digitized by Google

pothese streitet. Später stellte indefs Flaugergues[1] die genannten Versuche nochmals mit einem vorzüglich grofsen Aufwande von Sorgfalt und mit gröfster Vorsicht an, und erhielt folgende Resultate. Es gaben folgende Mischungen die angegebenen Temperaturen mit einem genau geprüften Quecksilberthermometer gemessen an.

3 Th. Wasser von 0° und				1 Th. von 80°				19°,86
2	—	—	—	—	2	—	—	—	39°,81
1	—	—	—	—	3	—	—	—	59°,87.

Indem nun hiernach das Thermometer allezeit hinter dem arithmetischen Mittel, nämlich 20°, 40° und 60 zurückblieb, so entscheidet auch dieser Gelehrte in Gemäfsheit einer deswegen angestellten Rechnung für Daltons Satz: dafs die Ausdehnungen des Quecksilbers eine geometrische Progression befolgen, während die Wärme in einer arithmetischen zunimmt[2]. Allein die Resultate der Versuche selbst beweisen das Gegentheil. Wäre nämlich die Hypothese richtig, so müfsten die Differenzen zwischen den berechneten und den gefundenen Temperaturen abnehmen, welches aber bei dem unmerklichen Unterschiede von 0,86 und 0,87, zwischen welchen Gröfsen 0,81 in der Mitte liegt, nicht anzunehmen ist. Indem vielmehr das Thermometer stets um eine nahe constante Gröfse zurückbleibt, so liegt die Ursache hiervon ohne Zweifel in dem Umstande, dafs es stets einige Zeit erfordert, bis ein Thermometer in irgend einem Medio von diesem völlig durchwärmt wird, und genau die Temperatur desselben annimmt, worauf namentlich Wahlenberg[3] aufmerksam gemacht hat. Die Frage ist indefs späterhin eben so gründlich untersucht, als bestimmt entschieden durch Dülong und Petit[4], indem sie die Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers durch alle Grade von — 36 bis 100 C. sorgfältigst mit einander verglichen, und die vollkommenste

1 J. d. Ph. LXXVII. 283.

2 Lorsque la chaleur augmente par degrés égaux, ou en progression arithmétique, les dilatations correspondantes du mercure forment une progression géometrique. ib. p. 286.

3 G. XLI. 117.

4 Ann. de Chim. et de Phys. VII. 117 ff.

Digitized by Google

Uebereinstimmung beider beobachteten, wodurch sie sich zu der Folgerung berechtigt glauben, dafs die *Daltonsche Hypothese*, obgleich sinnreich, dennoch mit der Erfahrung nicht übereinstimmend sey.

Somit wären also die Gesetze der Ausdehnung expansibeler Flüssigkeiten durch die angestrengten Bemühungen der Physiker gleichfalls in einem hohen Grade der Vollständigkeit aufgefunden. Weniger ist dieses unstreitig der Fall bei der gleichfalls durch Dalton und Gay - Lüssac aufgestellten Behauptung, dafs alle Dämpfe ohne Unterschied sich gleichmäfsig und genau wie die permanenten Gasarten ausdehnen sollen. Hiermit stehen nämlich die oben angegebenen sehr genauen Beobachtungen von Luz, Schmidt und Flaugergues im Widerspruche, auch habe ich selbst[1] das Gegentheil gefunden, obgleich die Ausdehnung des Wasserdampfes derjenigen, welche der atmosphärischen Luft eigen ist, sehr nahe kommt. Es bedarf daher noch einer Reihe genauer Versuche, um hierüber bestimmt zu entscheiden. Was sich theoretisch nach Gründen, aus dem Wesen der Wärme hergenommen, hierüber sagen läfst, ist unter dem Artikel: *Wärme* abgehandelt.

Ist diesemnach die Ausdehnug der permanent elastischen Flüssigkeiten, und der Dämpfe für den Zustand ihrer Expansion mit den Temperaturen gleichmäfsig wachsend, wie mindestens für die ersteren innerhalb der angegebenen Grenzen keinem Zweifel unterliegt, und kann man den Coefficienten der Zunahme des Volumens so annehmen, wie er durch Gay - Lüssac bestimmt ist, wofür bis jetzt noch überwiegende Gründe entscheiden, so läfst sich die durch Wärme verursachte Veränderung des Volumens hierbei eben so leicht, als beim Quecksilber berechneu. Ist nämlich das Volumen $= V$ für t Grade der Temperatur gegeben, und dieses auf das Volumen $= V'$ bei t' Graden zu reduciren, so ist allgemein für Grade der C. Scale $V' = V(1 + 0{,}00375\ (t' - t))$; für Réaumürsche Grade aber ist $V' = V(1 + 0{,}0046875\ (t' - t))$ und für Fahrenheitsche endlich ist $V' = V(1 + 0{,}002083334\ (t' - t))$.

M.

1 Muncke Physikalische Abh. I. 146. ff.

Ausdünstung.

Exhalatio, Transpiratio; Transpiration; *Perspiration.* Der Gewichtsverlust durch Athmen und Ausdünstung beträgt bei einem Manne, der keine schwere Arbeit thut, in 1 Minute 11 bis 32 Gran, in 24 Stunden 1 Pfund 11 Unzen und 4 Drachmen bis 5 Pfund; im Mittel in 1 Minute 18 Gran, in 24 Stunden 2 Pfund 13 Unzen. Im gesunden Zustande, besonders wenn nicht die Verdauung gestört ist, zeigt ein Individuum alle 24 Stunden dasselbe Gewicht. Der Gewichtsverlust ist am schwächsten während dem Essen, am stärksten während der Verdauung.

Lavoisier und Seguin berechnen, jedoch auf nicht ganz sichere Thatsachen gestützt, dafs von den 45 Unzen, die als mittlerer täglicher Verlust anzusehen sind, angehören 5 Unzen 7 Drachmen dem in den Lungen verbrennenden Kohlenstoff, 3 Unzen 3 Drachmen und 10 Gran dem in den Lungen verbrennenden Wasserstoff, 5 Unzen 5 Drachmen und 62 Gran dem durch die Lungenausdünstung ausgeschiedenen Wasser und 30 Unzen dem durch die Hautausdünstung ausgeschiedenen Wasser[1]. *G.*

Auslader.

Excitator electricus; Excitateur, Arc conducteur; *Descharging rod.* So heifsen verschiedene zur elektrischen Geräthschaft gehörige Werkzeuge, welche zum Ausziehen des elektrischen Funkens und zum Entladen der geladenen Flaschen und Batterien dienen.

Bei ihrer Einrichtung kommt alles darauf an, ihnen eine solche Form zu geben und sie aus verschiedenen Theilen so zusammenzusetzen, dafs sie bequem mit der Hand angefafst werden können, ohne dafs man Gefahr läuft, dafs ein Theil der entladenen Elektricität durch die Hand selbst hindurch gehe. Ein wie ein C gekrümmter, an beiden Enden mit Kugeln versehener messingener Stab, den man unmittelbar mit der Hand anfafst, würde diesem Zwecke nicht in allen Fällen entsprechen, weil man bei Entladung von starken Batterieen beim Anfassen desselben eine Art von Erschüt-

1 Lavoisier und Seguin in Scherer J. X. 560. Ann. de Chim. XC. 5.

Digitized by Google

terung mit empfindet, die um so stärker ist, je dünner der Stab ist, und zwar vorzüglich durch die seitliche Ausbreitung der in grofser Masse durchgeleiteten Elektricität. Ein Auslader, bei welchem diese Gefahr gänzlich beseitigt ist, und der auch sonst eine bequeme Einrichtung hat, besteht aus einem gläsernen Handgriffe D (weniger passend aus einem Handgriffe von gedörrtem Holz), und zwei krummen, etwa eine Linie dicken Messingdrähten BB, die sich um das Charnier A, das sich an der messingenen Kappe des gläsernen Handgriffes befindet, nach Art eines Cirkels bewegen lassen. Die Drähte sind zugespitzt und auf ihren Spitzen stecken die Kugeln C C, die eingeschraubt sind, und die man nach Gefallen abschrauben kann. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, dafs man, nachdem es die Umstände erfordern, die Kugeln sowohl als die Spitzen gebrauchen kann, und da die Drähte in dem Charniere beweglich sind, so kann man sie nach Gefallen bei gröfseren und kleineren Flaschen anwenden. Beim Gebrauche fafst man das Instrument an dem Handgriffe an, berührt diejenige Seite der geladenen Flasche oder Scheibe, welche mit dem Erdboden in Verbindung steht, und in welcher also keine freie elektrische Spannung ist, mit dem einen Knopfe, und nähert den andern Knopf derjenigen belegten Seite, von welcher die Ladung ausgegangen ist, oder irgend einem Leiter, der mit derselben in Verbindung steht, worauf denn bei hinlänglicher Annäherung die Verbindung zwischen beiden Seiten so weit ergänzt wird, dafs der Schlag durch die Luft durchbrechen kann, und die Flasche entladen wird, ohne dafs die Hand den Schlag fühlt. Bei Entladung einer Batterie wird insgemein der Haken an der Seite des Kastens, worin die Flaschen stehen, welcher mit der äufsern Belegung verbunden ist, durch einen Draht oder eine Kette mit dem einen Arme des Ausladers zusammenhängen, der andere Arm aber mit seinem Knopfe einem der Stäbe genähert, welche die inneren Seiten der Flasche miteinander verbinden. Zur Entladung seiner Riesenbatterieen [1] bediente sich VAN MARUM eines ähnlichen Ausladers in grofsem Mafsstabe, wovon unter dem Artikel *Batterie* noch die Rede seyn wird. Will man

Fig. 109.

1 S. *Batterie elektrische.*

Digitized by Google

eine stille Entladung ohne Funken und Schlag, so schraubt man die Kugel von dem einen Arme ab, und nähert die freigewordene Spitze der Zuleiter zu derjenigen Belegung, auf welcher die freie elektrische Spannung ist.

Eine zu vielen Versuchen, die durch die Entladung von Flaschen und Batterien angestellt werden können, besonders bequeme Geräthschaft, ist der sogenannte Henlyische *allgemeine Auslader*, der nach Henly, seinem Erfinder, so benannt worden ist. A ist ein gut lakirtes Brett von angemessener Länge und Breite (das unsrige ist 9″ lang und 5″ breit), welches den Fuſs des Instruments abgiebt, BB sind zwei Glassäulen in das Brett eingekittet, und oben mit messingenen Hauben versehen, deren jede ein Kugelcharnier hat und in einer federnden messingenen Röhre den Draht DC trägt, der sich nicht nur in der Röhre verschieben, sondern auch vermöge des Kugelcharniers in allen möglichen Richtungen drehen läſst. Jeder Draht hat an dem Ende C einen Ring, und an dem zugespitzten mit einem Loche durchbohrten Ende D eine messingene Kugel, die man auch abnehmen kann. E ist eine starke hölzerne Scheibe fünf Zoll im Durchmesser, auf deren Fläche ein Streifen Elfenbein eingelegt ist, und die einen starken cylindrischen Fuſs hat. Dieser Fuſs paſst in den hohlen Cylinder FG, der in der Mitte des Fuſsgestells befestigt ist, und worin der Fuſs der hölzernen Scheibe vermittelst einer Stellschraube oder statt dieser vermittelst eines federnden Messingdrahtes auf jede beliebige Höhe gestellt werden kann. H ist eine kleine zu diesem Instrumente gehörige Presse, bestehend aus zwei 6″ langen und 3″ breiten Brettchen, die durch zwei an dem unteren Brettchen befestigten männlichen Schrauben und auf dieselben passenden Mutterschrauben aneinander fest gepreſst werden können. Sie läſst sich vermittelst eines in der Mitte des untern Brettchens befestigten Stieles statt der Scheibe E in den Fuſs FG einsetzen. An dem obern Brettchen sind in der Mitte der langen Seite runde Ausschnitte angebracht, um daselbst die Drähte auf eine bequeme Art auf die Körper (namentlich Streifen von Blattgold u. s. w.), durch welche der Entladungsschlag geleitet werden soll, aufsetzen zu können. Auch können in der Mitte auf beide Brettchen Drähte eingeschraubt

Fig. 110.

Digitized by Google

werden, von denen der eine durch den zu diesem Behuf in der Mitte durchbohrten Stiel desselben hindurchgeht, die in Spitzen in der Ebene der Brettchen endigen, und einander gerade gegenüber stehen.

Das Instrument dient dazu, mit Bequemlichkeit die Entladungsschläge über und durch beliebige Körper gehen zu lassen. Verlangt man z. B. den Schlag über die Fläche eines Chartenblattes oder einer Glasscheibe zu führen, so lege man das eine oder die andere auf die Scheibe E, und stelle nach abgenommenen Kugeln die Spitzen auf die Fläche derselben in eine der Stärke der Ladung angemessene Entfernung (bei starken Batterien kann man die Entfernung auf einige Zolle ausdehnen). Verbindet man nun den einen Draht CD durch eine Kette oder einen Draht mit der äufsern Belegung einer geladenen Flasche oder Batterie, und nähert einen gewöhnlichen Auslader, der gleichfalls durch eine Kette oder einen Draht mit dem Ringe des andern Drahtes CD verbunden ist, dem Knopfe der Flasche, oder einem der Knöpfe der Drahtverbindung der innern Seite der Batterie, so geht der Schlag aus einer Spitze in die andere über die Oberfläche des Chartenblattes oder der Glasscheibe hin, und hinterläfst auf letzterer seine Spur in einem geschlängelten Streifen, wo das Glas seinen Glanz verloren hat. Will man durch ein Spiel Charten schlagen, so stellt man dasselbe aufrecht auf die Scheibe E, so dafs die Kugeln oder auch nach Wegnahme derselben die Spitzen auf beiden Seiten einander gerade gegenüber dasselbe berühren, wo dann der Schlag, nach Mafsgabe seiner Stärke eine gröfsere oder geringere Anzahl von Charten mit nach den Drähten hin auf beiden Seiten aufgeworfenen Rändern der Löcher durchbohrt. Legt man einen Goldstreifen zwischen zwei Stücke Glas, läfst ihn auf beiden Seiten, wo die Einschnitte an dem einen Brettchen in der Mitte sind, hervortreten, prefst dann die Glasscheibe mit der Presse zusammen, und legt an die hervortretenden Enden des Goldstreifens die Enden der Drähte DD an, so verbindet der durchgehende Schlag das Metall so innig mit dem Glase, dafs es davon weder abgeschabt noch durch Königswasser herausgebracht werden kann. Nimmt man die Kugeln von den Drähten ab, so kann man die Enden von feinen Metalldräh-

Digitized by Google

ten (z. B. Stahldrähten) durch die Löcher an den zugespitzten Enden der Drähte ziehen, und durch Ausziehen der Drähte diesen Metallfäden die nöthige Spannung und Länge (bis zu der Gränze, zu welcher sich die Drähte von einander entfernen lassen) geben, worauf man auf die oben angezeigte Weise den elektrischen Schlag hindurchführen kann, durch welchen die Drähte nach dem Grade seiner Stärke, der Länge, Dicke und eigenthümlichen Natur der Fäden geschmolzen, oder, wie namentlich die Stahldrähte, glühend, oder in viele glühende Kügelchen zerstäubt, oder auch durch die stärksten Schläge in Rauch aufgelöset werden. Durch Einschrauben von Drähten in die Mitte der Brettchen, so dafs jene mit ihren Spitzen einander gegenüber stehen, kann man die Wirkungen der *Lateralexplosion* darstellen; indem an dieser Stelle die Charten oder Pappblätter, über welche man durch Hülfe eines Gold- oder Silberstreifens den Schlag leitet, durchbohrt werden[1]. *P.*

Austritt.

Emersio; Emersion; *Emersion.* Wenn ein durch den Schatten oder durch die Bedeckung eines Himmelskörpers eine Zeit lang unsichtbar gewesenes Gestirn wieder hervortritt, so ist dies der Zeitpunct des Austrittes dieses Gestirnes aus der Verfinsterung oder Bedeckung. Ebenso ist der Zeitpunct für den *Eintritt* (Immersio, Immersion) derjenige, da es vom Schatten eines Körpers oder durch den Körper selbst uns verdeckt wird. Beide Ausdrücke kommen daher vor

1. bei Sonnen- und Mondfinsternissen, und da nennt man, wenn die Finsternifs total ist, *Anfang des Eintritts* den Augenblick, da die Sonne vom Monde verdeckt zu werden oder der Mond in den Erdschatten einzutreten anfängt; *gänzlichen Eintritt* den Augenblick, wo Sonne oder Mond gerade völlig verdeckt sind; *Anfang des Austritts*, wenn ein Theil der Sonne oder des Mondes wieder sichtbar wird, und *gänzlichen Austritt* oder Ende der Finsternifs, den Augenblick, da die Sonne im einen und der Mond im andern Falle wieder ganz unver-

1 Vergl. Cavallo vollständige Abhandlung von der Elektricität. 4te Ausg. Leipz. 1797. p. 161.

Digitized by Google

finstert erscheinen. Bei ringförmigen Sonnenfinsternissen ist der Mond *gänzlich* eingetreten, wenn er bei der inneren Berührung sich vom Sonnenrande trennt und also die ringförmige Verfinsterung anfängt; der Austritt fängt an mit der folgenden inneren Berührung oder mit dem Ende der ringförmigen Verfinsterung, und mit dem Ende des Austritts ist auch da das Ende der ganzen Finsternifs gleichzeitig.

2. Wenn Sterne vom Monde bedeckt werden, so findet ein *Eintritt* statt, wenn der Stern sich hinter dem Monde verbirgt, und ein *Austritt*, wenn er wieder sichtbar wird. Bei der Bedeckung der Fixsterne geschieht Eintritt und Austritt plötzlich; aber wenn ein Planet bedeckt wird, so giebt es auch da einen Anfang und Ende des Eintritts und ebenso des Austritts.

3. Bei den Vorübergängen des Mercurius oder der Venus vor der Sonne ist der Anfang des *Eintritts* dann, wenn nach dem Augenblick der äufseren Berührung der Planet einen Einschnitt in den Sonnenrand macht; der Eintritt ist vollendet, wenn der Planet wie ein von innen den Sonnenrand berührender Kreis vor der Sonne steht, und sich dann vom Sonnenrande trennt; der *Austritt* fängt an, wenn der Planet abermals von innen berührt und dann in den Rand der Sonne einschneidet u. s. w.

Eben das würde statt finden, wenn ein Jupiters-Mond vor dem Jupiter vorbei ginge, wenn unsre Fernröhre stark genug wären, um uns deutlich die Scheibe eines Jupiters-Mondes zu zeigen.

4. Bei den Verfinsterungen der Monde des Jupiters beobachten wir den gänzlichen *Eintritt* und den Anfang des *Austritts*, wir geben nämlich an, wenn der Jupiters-Mond uns unsichtbar wird, und wann wir ihn wieder wahrnehmen. Da aber ein schwächeres Fernrohr ihn nicht mehr zu bemerken erlaubt, wenn auch noch ein geringer Theil erleuchtet ist, so stimmen Beobachtungen, die mit ungleich starken Fernröhren angestellt sind, nicht genau mit einander überein, und ebenso mufs bei nicht ganz heitrer Luft der völlige Eintritt etwas zu früh und der Austritt etwas zu spät angegeben werden, — Fehler,

Digitized by Google

welche die auf einzelne Beobachtungen der Art gegründeten Schlüsse in einigem Grade unsicher machen.

B.

Auswittern.

Effloresciren; *Efflorescentia;* Efflorescence; *Efflorescence.* Das Auswachsen von krystallinischen Massen aus einer der Luft dargebotenen festen oder flüssigen Materie. Hierher gehört die Bildung von Eisenvitriolkrystallen auf Schwefelkies, von Salpeter - Bittersalz - und Natron-Krystallen an Mauern und das dendritische Emporsteigen von Salztheilen an den Wandungen der Gefäfse, worin concentrirte Lösungen von verschiedenen Salzen (z. B. von doppeltschwefelsaurem Kali, Salmiak, blausaurem Eisenoxydkali u. s. w.) enthalten sind. Im letzteren Falle steigt an den ersten sich an den Wandungen des Gefäfses auf der Oberfläche der Flüssigkeit durch Verdunsten derselben bildenden Krystallen durch Capillarität immer neue Flüssigkeit in die Höhe, bei deren Verdunsten neue Krystalle in einer immer gröfsern Höhe erzeugt werden; und hat diese krystallinische Rinde den obern Rand des Gefäfses erreicht, so senkt sie sich aufsen nach abwärts und zieht so mit grofser Schnelligkeit alle Flüssigkeit aus dem Gefäfse. Häufig wird das Auswittern mit dem sehr davon verschiedenen Verwittern verwechselt.

G.

Automat.

Automatum; αὐτόματον, Automate; *Automaton.* So nennt man eigentlich jede ohne eine leicht sichtbare Ursache, also gleichsam von selbst und wie durch eigenen Willen sich bewegende Maschine. Hiernach könnte man eine Uhr und viele andere Kunstwerke dazu rechnen, welches aber nicht geschieht, weil bei diesen die bewegende Ursache allgemein bekannt ist. Man belegt also nur diejenigen Maschinen mit diesem Namen, welche, durch verborgene Kräfte in Bewegung gesetzt, aufsergewöhnliche Verrichtungen zeigen; haben sie menschliche Gestalt und verrichten sie dann zugleich menschliche Handlungen, so heifsen sie auch *Androiden.* Die bewegenden Mittel sind in der Regel künstlich versteckte

Digitized by Google

Federn und Gewichte, welche einen kleinen Raum einnehmen, und deswegen leichter verborgen werden können.

Es gab und giebt der wirklich sogenannten Automaten sehr viele[1], welche sämmtlich aufzuzählen zweckwidrig seyn würde, weswegen es genügen mag, die merkwürdigsten kurz zu erwähnen. Abgesehen von den Angaben verschiedener Automaten aus der fabelhaften Zeit verdient zuerst die hölzerne fliegende Taube des *Archytas* von Tarent (408 v. Ch.) einige Aufmerksamkeit, welche nach Gellius[2] fliegen konnte. Aufserdem erzählt Pausanias[3] von einem durch innern Mechanismus bewegten ehernen Adler; Polybius[4] von einer kriechenden Schnecke des Demetrius Phalereus, Athenaeus[5] von einem Androiden des Ptolemaeus Philadelphus; welcher allerlei menschliche Handlungen verrichtete. Später soll Roger Baco und vorzüglich, der Tradition nach, Albertus magnus einen Automaten in menschlicher Gestalt verfertigt haben, welcher den Anklopfenden die Thüre öffnete und sie scheinbar anredete, worüber Thomas von Aquino so erschrocken seyn soll, dafs er den Kopf des Automaten zerschlug, so dafs Albert ausrief: periit opus triginta annorum. Johannes Müller (Regiomontanus) verfertigte aufser seiner Maschine zur Vorstellung der eigentlichen Bewegung der Planeten durch Räderwerk[6] noch andere automatische Kunstwerke, namentlich eine Fliege, welche auf dem Tische herumlief, und einen Adler auf dem Thore zu Nürnberg, welcher den ankommenden Kaiser Maximilian 1570 durch die Bewegung seiner Flügel und seines Kopfes begrüfste[7], woraus die durch Petrus Ramus[8] nacherzählte Legende von einer fliegenden eisernen Fliege und einem gleichfalls fliegenden Adler entstand. Grofses Vergnügen fand vorzüglich Karl der fünfte in den letzten Jahren seines

1 Vergl. Beckmann Beiträge zur Gesch. d. Erfind. III. 325.
2 Noct. Att. X. 12.
3 VI. 20.
4 Hist. XII. 13. p. 408 ed. Schweigh.
5 V. 7.
6 Kleine Chronik Nürnbergs; Altorf 1790. p. 38.
7 Diss. de Regiomontani aquila et musca. auct. Baier. Altorf 1709.
8 Scholarum mathem. lib. II. p. 65.

Digitized by Google

Lebens an solchen Spielwerken der Kunst, namentlich bewaffneten und exercirenden Soldaten, Paukern, Trompetern, sehr kleinen Mühlen, u. dgl. welche letzteren durch Jannellus Turrianus Cremonensis verfertigt seyn sollen[1]. Aufserdem sind als Verfertiger solcher Maschinen noch bekannt Hans Bullmann, Kunstschlosser in Nürnberg; wegen der von ihm verfertigten Figuren, welche hin und her gingen und nach dem Tacte auf Pauken und Lauten schlugen[2]; Hans Schlotheim in Augsburg, wegen seiner 1581 für Rudolph den zweiten verfertigten automatisch bewegten Galeere[3]; Achilles Langenbucher als Verfertiger einer 1610 vollendeten Orgel, welche die zur Vesper gehörende Begleitung von 2000 Takten selbst spielete[4]; Christoph Trefler, gleichfalls zu Augsburg, wegen einer sich selbst bewegenden Maschine zur Vorstellung des Weltsystems[5] u. dgl. m.

Die bekanntesten Automaten der neueren Zeit sind die durch den berühmten Vaucanson verfertigten. Zuerst zeigte er 1738 zu Paris einen 5,5 par. F. hohen sitzenden Flötenspieler, in dessen Piedestal zugleich der Mechanismus enthalten war. Am meisten Aufsehen erregte es hierbei, dafs die Flöte an die Lippen angelegt, durch einen Luftstrom geblasen, und durch Aufheben der klappenartig sich bewegenden Finger gespielt wurde[6]. Der Ton war gut und deutlich, auch wurden die Stücke durch verschiedene Walzen verändert. Der zweite Automat war eine stehende Figur, welche auf einer in der linken Hand gehaltenen Provenzalischen Schäferflöte spielte, und mit der rechten auf einer Trommel (tambour de Basque) den Tact dazu schlug. Das schönste Stück war aber eine Ente aus bronzirtem Kupferblech, etwas über natürliche Gröfse, aber die Blechstreifen so übereinander gelegt, dafs die Farben einer wirklichen

1 Strada de bello belgico. Moguntiae 1651. p. 8.

2 Doppelmayr von Nürnbergschen Künstlern p. 285.

3 Kunst - Gewerb - und Handwerksgeschichte d. Stadt Augsb. von P. v. Stetten. 1790. p. 185.

4 Ebend. p. 190.

5 Ebend. p. 172.

6 Le Mécanisme du Flteur automate. Par. 1738. 8. Encyclopédie I. 448.

Digitized by Google

Ente sehr genau nachgeahmt waren, und alle Bewegungen natürlich schienen. Sie schlug mit den Flügeln, beugte, dehnte und streckte den Hals, ahmte das Geschrei und Geschnatter, selbst das Trüben des Wassers beim Saufen sehr genau nach, fraſs vorgehaltenes Korn, trank, und gab nach einiger Zeit eine Art von Koth wieder von sich[1]. Nachdem der Verfertiger diese Automaten weit umher, bis nach Rufsland hin, gezeigt hatte, kaufte sie Reiheis in Helmstädt, wo ihr sehr zusammengesetzter, aus wahrhaft zahllosen Ketten, Federn und Hebeln bestehender Mechanismus nach und nach fast gänzlich verfiel. Die Ente, 1741 verfertigt, erhielt sich am längsten, und machte am Ende des vorigen Jahrhundert noch mit einiger Nachhülfe ihre automatischen Bewegungen[2].

Später sind mehrere Flötenspieler und überhaupt den Vaucansonschen ähnliche Automaten verfertigt. Indefs soll schon im Anfange des 16ten Jahrh. ein Töpfer in Rom einen Flötenspieler verfertigt haben[3], und der französische General Comte de Genner schon 1688 einen Pfau, welcher ging, fraſs und anscheinend verdauete[4]. Sonst werden noch als berühmte Automaten genannt ein Regiment exercirender Soldaten, welche Beckmann[5] in Zarskojo-Selo sah; ein gehender Löwe und Tiger, welche der Missionär Thibaut für den Kaiser von China verfertigte, desgleichen zwei ein Blumengefäfs tragende Männer des Missionär de Vantavon[6]; der spielende Pan des Joachim Eppinger aus Baiern[7] u. dgl. mehr.

Die Vaucansonschen Automaten wurden noch weit übertroffen durch diejenigen, welche die beiden Jaquet Droz, Vater und Sohn, aus Chaux de Fonds in Neufchatel, verfertigten, deren Ueberlegenheit Vaucanson auch selbst aner-

1 Ausführlich ist Montucla Hist. des Math. III. 802.

2 Nach eigener Ansicht. Muncke.

3 Zodiacus vitae. XI. 846.

4 Labat Nouveau voyage aux Isles de l'Amérique. à la Haye 1724. II. 298. Vergl. Beckmann Beiträge zur Gesch. d. Erf. IV. 108.

5 a. a. O. p. 106.

6 v. Murr Journ. zur Kunstgeschichte und allg. Literatur.

7 v. Stetten a. a. O. p. 192.

Digitized by Google

kannte. Unter ihren vielen Automaten[1] ist namentlich eine Uhr bekannt, welche sie dem Könige von Spanien überreichten. Auf derselben befand sich unter andern ein das natürliche Blöken nachmachendes Schaf, und ein Hund, welcher einen Korb mit Früchten bewachte, und sich mit Knurren und Bellen erhob, wenn jemand den Korb wegzunehmen versuchte[2]. Noch weit künstlicher waren seine Androiden. Dahin gehört die *Schreibmaschine* von 1777 die Figur eines Kindes von zwei Jahren, welches auf einem Tamburet sitzend auf einem Pulte zusammenhängende Worte in französischer Sprache schrieb, dabei die Feder eintauchte, das Ueberflüssige ausschüttete, die Linien gehörig absetzte, und nach jedem Worte die Augen auf eine nebenliegende Vorschrift richtete[3]. Ferner die Klavierspielerin, welche neben einigen Bewegungen des Kopfes und Körpers ein Klavier spielte, und der Zeichner, von der Gröfse eines zweijährigen Kindes auf einem Tabouret, welcher mit Bleistift zeichnete, schattirte, dabei den Arm zuweilen aufhob, als wollte er die Zeichnung besehen, und den Staub des Bleistiftes wegblies[4]. Der Beschreibung nach mufs dieser Automat verschieden gewesen seyn von einem andern, welchen Collinson in London genau untersucht zu haben berichtet[5]. Dieser war ohngefähr in Lebensgröfse, und hielt einen metallenen Stift in der Hand. Legte man unter den letzteren ein Stück Pergament, so wurde eine Feder berührt, welche den Mechanismus in Bewegung setzte, so dafs die Maschine anfing zu zeichnen. Collinson sah hierbei zugleich den ganzen Mechanismus mit Bewilligung des Erfinders, und liefs selbst in dessen Abwesenheit den Automaten zeichnen. Als die erste Charte vollendet war, hörte der Automat auf, bis eine andere untergelegt wurde, und so fünf mal, auf jede eine verschiedene Zeichnung entwerfend. Auf das erste Stück Pergament zeichnete die Figur die ähnlichen Silhuet-

1 Bernoulli in Sammlung kurzer Reisebeschreib. erster überzähliger Bd. Berl. 1783. p. 152.

2 Hutton Dict. I. 194.

3 Kön. Grofsbr. geneal. Kalender. Lauenb. 1780.

4 Ebend.

5 Hutton Dict. I. 194.

Digitized by Google

ten des Königs und der Königin, gegen einander gerichtet, und es war insbesondere bewundernswürdig zu sehen, wie der Automat den Arm aufhob, um abzusetzen und wieder anzufangen, z. B. bei den Ohren, den Locken der Haare u. s. w. wobei die einzelnen Linien stets im genauesten Verhältnisse zu einander blieben.

Indem Collinson dieses fast unglaubliche Kunstwerk genau kannte, so läfst sich erwarten, dafs er ein anderes vom jüngeren Droz verfertigtes, und diesem gleichgeachtetes, nicht überschätzt hat, welches ihm derselbe in Genua zeigte. Es war dieses eine ovale Schnupftabacksdose, 4,5 engl. Zoll lang, 3 breit 1,5 hoch, der Länge nach doppelt und mit zwei Deckeln. Der eine von diesen verschlofs eine gewöhnliche Dose; wurde aber der andere geöffnet, so erhob sich darin ein sehr kleiner Vogel von grün emaillirtem Golde, auf einem goldenen Tischchen sitzend. Dieses kleine Thier, nur 0,75 Z. vom Schnabel bis an das Ende des Schwanzes lang, bewegte den Schwanz, schlug mit den Flügeln, öffnete seinen Schnabel von weifs emaillirtem Golde und sang einen melodischen Gesang so laut, dafs es bequem ein Zimmer von 20 bis 30 Quadratfufs erfüllt haben würde.

Am merkwürdigsten aber, wenn anders die Angaben vollkommen richtig sind, ist eine sehr zusammengesetzte Maschine des älteren Droz. In einer ländlichen Scene an einem Bache, über welchen eine Brücke nach einer Mühle führt, öffnet sich die Thüre einer Hütte, und es reitet ein Bauer auf einem Esel über die Brücke zur Mühle, während ein Hund hinter dem Esel herläuft, und diesen anbellt. Im Mittelpuncte der Scene weidet eine Heerde, deren Hirt aus einer Grotte kommt, sich umsieht, eine Flöte hervorzieht und einige Stücke bläfst, deren letzte Töne ein Echo wiederhallt. Dann nähert er sich seiner, in der Entfernung schlafenden Schäferinn, und bläfst wieder ein Stück, wodurch sie erwacht, sich aufrichtet, und den Spieler mit der Zitter begleitet. Inzwischen treibt der Bauer seinen mit Mehl beladenen Esel aus der Mühle zurück vor sich her, weswegen die Liebenden im Stücke plötzlich abbrechen, und der Schäfer in seine Grotte zurückkehrt[1].

1 Allgem. musikal. Zeitung 1799. N. 3.

Digitized by Google

Einen 5 F. hohen, im Zimmer umhergehenden und spielenden Harfenisten verfertigte auch ein Schreiner in der Werkstatt des bekannten Engländers Gardner[1], und unter den Schätzen des Tippo Saib fand man einen Tiger, welcher einen europäischen Offizier zerfleischte, während ein Mechanismus in jenem das Brüllen des Thieres, und in diesem das Winseln eines Menschen nachmachte[2].

Nicht leicht hat ein Automat so vieles Interesse erregt, als in den neuesten Zeiten die *Schachmaschine* Kempelens, welcher aufserdem durch seine *Sprachmaschine* bekannt ist. Letztere bestand aus einem hölzernen Kasten, 3 F. lang, 1 F. breit, worin durch einen eigenthümlichen Mechanismus vermittelst eines Blasebalges und verschiedener Klappen die Stimme eines drei bis vierjährigen Kindes nachgeahmt wird[3]. Manche nach seiner Anweisung gemachte Maschinen leisten nicht viel, und bringen kaum vernehmbare, der menschlichen Stimme nicht sehr ähnliche Töne hervor. Indefs mufs diejenige, welche der Erfinder selbst besafs, vorzüglich gewesen seyn, indem Collinson[4] versichert, dafs sie das von ihm aufgegebene Wort: exploitation mit französischem Tone vernehmlich gesprochen habe. Andere Versuche, die menschliche Stimme nachzubilden, scheinen noch geringeren Erfolg gehabt zu haben, z. B. die durch Mical 1780 der Academie zu Paris vorgezeigte Maschine, welche die Laute durch künstliche Zungen auf gespannten Membranen hervorbrachte[5], desgleichen die durch C. G. Kratzenstein aus Wernigerode verfertigte, welche einzelne Vocale sehr deutlich und auch leichte Worte aussprach[6].

Weit räthselhafter, wenn auch vielleicht nicht künstlicher, war der Mechanismus bei v. Kempelens Schachma-

---

1 Allgem. Lit. Zeit. Int. Bl. 1792. Nr. 72.

2 Busch Geschichte der Erfindungen. I. 354.

3 Mechanismus der menschlichen Sprache, nebst Beschreibung einer sprechenden Maschine von v. Kempelen. Wien 1791. 8. Lichtenb. Mag. III. St. 2. p. 190. Journ. des Savans 1783. p. 629.

4 Hutton Dict. I. 194.

5 Journ. de Phys. 1782. p. 358.

6 Journ. de Phys. XXI. 358.

Digitized by Google

schine[1]. Sie bestand aus einem vor einem 3,5 F. langen 2,5 F. breiten, mit Seitenbrettern eingefafsten Tische am Schachbrett sitzenden Türken. In einiger Entfernung von dieser, auf Rollen beweglichen Figur stand ein gewöhnlicher Tisch mit einem verschlossenem Kästchen, ohne irgend eine merkbare Verbindung mit der Maschine. Der Körper des Türken nebst dem verdeckten Tische war voller Räder, Hebel, Federn und Ketten, welche der Besitzer zeigte, jedoch dann nicht, wenn die Maschine spielte. Beim Spielen ruhete der linke Arm des Türken auf einem Polster, hob sich nach dem Zuge des Gegners, that den erforderlichen Zug, oder nahm einen Stein weg, indem der Daumen der Hand sich öffnete und schlofs, und legte sich dann wieder auf den Polster. Einen falschen, den Gesetzen zuwider laufenden, Zug reparirte die Maschine, indem sie den Stein wieder auf seine Stelle setzte, und dann sogleich selbst einen Zug that, ohne den des Gegners abzuwarten. Wartete der Gegner sehr lange, so klopfte die Maschine mit dem Finger auf das Bret. Der Erfinder der Maschine war allezeit beim Spielen gegenwärtig, sah zuweilen in das nebenstehende Kästchen, entfernte sich aber wieder so weit, dafs er keinen Einflufs auf den Mechanismus haben konnte, zog zuweilen die Federn des Armes des Türken wieder an, jedoch ohne dafs überhaupt irgend eine directe Einwirkung auf das Spiel wahrnehmbar war, es sey denn, dafs einige zuweilen gesprochene unverständliche Worte, welche Zuschauer bemerkt haben wollen, auf dasselbe einen Einflufs hatten[2].

Seit der ersten Bekanntwerdung dieser Maschine um 1769[3] oder 1771[4] waren die Meinungen der Beurtheiler sehr getheilt, die Aufmerksamkeit auf dieselbe aber eben so grofs als allgemein. Einige, als Hindenburg[5] und

1 v. Windisch Briefe über den Schachspieler des H. v. Kempelen. Basel 1783. 8. Repertory of arts and manufactures 1819. April. Bibl. Univ. XI. 63. Nach der hier mitgetheilten Nachricht scheint es, dafs die Maschine um jene Zeit in England gezeigt wurde. Ihr Erfinder starb 1803.

2 Lanenburg Genealog. Kalender 1782. p. 40.

3 Montucla Hist. des Math. III. 812.

4 Volbeding's Archiv der Erfindungen 1792. p. 411.

5 Leipziger Mag. zur Naturkunde. Mathem. und Oekon. 1784. St. 3.

Digitized by Google

Ebert[1] hielten sie für ein rein mechanisches Kunstwerk, indem die Züge des Gegners, wahrscheinlich durch magnetische Stäbe den Mechanismus bewegend, den hierfür nach den Regeln des Spieles gehörigen, schon in Voraus berechneten, und somit auch bestimmten Gegenzug veranlassen sollten. Ein vorzüglicher Beweisgrund hierfür wurde darin gefunden, dafs man zugleich behauptete, die Maschine verlöre nie ein Spiel, welches sich indefs später nicht bestätigte. Allein abgesehen davon, dafs es kaum begreiflich ist, wie sich alle denkbaren Züge und die dazu gehörigen Gegenzüge des Schachspiels berechnen lassen sollten, auch angenommen, dafs die Zahl aller regelgemäfsen Spiele nicht übermäfsig grofs sey; so ist doch die Menge der willkührlichen und regelwidrigen, welche erweislich gleichfalls vorgekommen sind, kaum zu berechnen, und das Zurückziehen falscher Züge des Gegners mit dieser Theorie durchaus unvereinbar. Viele andere dagegen, namentlich Lichtenberg[2], Beckmann[3], Nicolai[4], Decremps[5] u. a. vorzüglich aber v. Racknitz[6] behaupteten daher, es müsse ein Knabe in der Maschine verborgen seyn, indem sie zugleich die Möglichkeit nachwiesen, wie dieses bewerkstelligt werde. Herr v. Kempelen hat diesen Vorwurf nie eigentlich und vollständig widerlegt oder demselben nur ernstlich widersprochen, und die definitive Beantwortung der Streitfrage blieb aus, als die Aufmerksamkeit auf die Maschine mit der Entfernung derselben aus dem Publicum verschwand. Auch Collinson, welcher früher in London dieses Kunstwerk sehr bewundert hatte, hörte nichts von demselben, als er den Erfinder später in Wien sprach, und glaubt, dieses Stillschweigen sey

1 Nachricht von dem berühmten Schachspieler und der Sprachmaschine des H. v. Kempelen 1785.

2 Lichtenb. Mag. III. St. 2. p. 183.

3 Posselts wissenschaftl. Magazin 1785. I. 72.

4 Reisen VI. 420.

5 Magie blanche.

6 Ueber den Schachspieler des H. v. Kempelen und dessen Nachbildung. Leipz. 1789. 8. mit 7 Kupfertafeln. Das nämliche wird behauptet und durch Figuren erläutert in: An Attempt to analyse the Automaton of M. Kempelen cet. Lond. 1821. 8.

Digitized by Google

Folge der richtigen Erläuterung des Ganzen durch Freiherrn v. Racknitz, welche auch er vollkommen genügend fand[1]. Uebrigens soll der Erfinder selbst zugestanden haben, ein grofser Theil des Wunderbaren beruhe auf der Geschicklichkeit, womit er die Zuschauer zu täuschen gewufst habe[2], und es war dieses so viel leichter möglich, weil gleich anfangs das allgemein verbreitete Vorurtheil, als wirke die Maschine durch magnetische Kräfte, die Sache unter einen bekannten Namen brachte, dadurch aber in gröfseres Dunkel hüllte, und die genauere Beobachtung und Enthüllung der Täuschungsmittel erschwerte. Der stärkste genäherte Magnet hatte beiläufig auf die Maschine gar keinen Einfluss.

Der Schachspieler, welchen jüngsthin der Uhrmacher Aloys Bayer aus Neuburg an der Donau zeigte, ist eine Puppe, 4 F. hoch, und auf einem Tabouret so sitzend, dafs die Enden der in den Körper zur Hervorbringung der Bewegung des Kopfes und rechten Armes gehenden Stangen sich beim Wegnehmen des Automaten aus den Vorderfüfsen des Tabourettes ziehen, dessen Deckel durch eine Springfeder im Momente des Herausziehens vorwärts geschoben wird, und somit alle Verbindung dem Auge des Beobachters verschliefst. Die Stangen des Automaten stehen übrigens mit andern sehr einfachen Hebeln in Verbindung, welche unter einem Pulpet des Tabourets hinlaufen, und von dem Erfinder in einem Nebenzimmer regiert werden, während derselbe durch einige feine Risse das Schachbret beobachtet, und die nöthigen Züge dadurch bewerkstelligt, dafs er durch die verborgenen Hebel den Arm des Automaten hebt, nach dem erforderlichen Schachsteine hinbewegt, durch Oeffnen des Daumens diesen ergreifen und wegnehmen, oder an die gehörige Stelle setzen läfst.

Ein gewisser Maliardet zeigte vor einigen Jahren in London verschiedene Automaten, unter denen vielleicht einige der von Le Droz verfertigter seyn mochten: einen singenden Vogel; einen jungen Mann, welcher schrieb, Linien zog und Zeichnungen machte; einen künstlichen Seiltänzer,

1 Hutton Dict. I. 194.

2 Gehler I. 225. Montucla Hist. d. M. III. 312.

Digitized by Google

welcher auf einem horizontal gespannten Seile allerlei überraschende Bewegungen machte; eine kriechende Spinne, vorzüglich aber eine weibliche Figur, welche athmete, Kopf und Körper natürlich bewegte und dabei einige Stücke auf einem Fortepiano spielte[1]. Endlich verdienen unter den neuesten Automaten auch die durch Kaufmann aus Dresden verfertigten eine Erwähnung. Zwei derselben, ein Trompetenwerk und ein musikalisches Instrument, welches ein Fortepiano nebst einem Flöten-Register vereinigt, hat als automatisches Kunstwerk geringeren Werth, so schön und vollständig auch selbst gröfsere Musikstücke von dem letzteren vorgetragen werden. Das Einzige, wodurch es sich den Automaten mehr annähert, ist, dafs weder der Tact noch auch die Stärke und Sanftheit des Ausdrucks maschinenmäfsig steif gehalten werden, indem vielmehr die letzteren dem Geiste des Stückes angemessen sind, ersterer aber durch einen sinnreichen Mechanismus nicht absolut scharf und abgemessen ist, sondern vielmehr auf gleiche Weise etwas wechselt, als jeder Spieler, durch die Leidenschaft fortgerissen, nach dem Inhalte der Composition etwas zu wanken und nachzugeben pflegt, wodurch das Spiel in einem hohen Grade dem menschlichen ähnlich wird. Der *Trompeter* desselben aber, obgleich viel minder wohlklingend, ist ganz eigentlich Automat. Eine menschliche Figur in Lebensgröfse, hält in der rechten Hand eine Trompete, welche vermittelst des beweglichen Armes auf das im Munde feststeckende Mundstück geschoben wird. Im Kopfe sind verschiedene längere und kürzere Röhren von Messing für die tieferen und höheren Töne, durch sehr fest schliefsende Klappen verschlossen, und sämmtlich in diejenige endend, welche im Munde befindlich den Anfang der Trompete bildet. In der Brust befindet sich ein Blasebalg, welcher durch eine ausnehmend starke Feder die Luft ungewöhnlich comprimirt, so dafs diese, wenn sie beim Oeffnen der Klappen in die Röhren dringt, einen vollständigen Trompeten-Ton erzeugt,

1 Hutton I. 195. Vergl. überhaupt Busch Handbuch d. Erfindungen Art. Automaten. Montucla Hist. des Math. III. 802 ff. Facius über d. Alter der künstlichen Automaten. Coburg 1799.

Digitized by Google

indem der Wechsel der ungleichen Röhren ein ordentliches Stück zu spielen verstattet.

Automatische Bewegung nennt man endlich gewisse Erscheinungen bei den Pflanzen, wenn sie beim Wachsen oder bei der Berührung sich ausdehnen und zusammenziehen, durch den Einfluss des Lichtes, der Wärme, der Elektricität oder sonstiger Reizmittel eine gleichsam willkührliche Bewegung zeigen, sich zu gewissen bestimmten Zeiten regelmäfsig öffnen und schliefsen, nach dem Lichte oder der Wärme sich neigen u. dgl. m. Aehnliche automatische Bewegungen finden sich auch im Thierreiche. Dahin gehören unter andern hauptsächlich die steten Contractionen des Herzens und der Lungen, die Veränderungen der Pupille, die peristaltische Bewegung der Eingeweide u. v. a. Alle diese sehr vielen und höchst interessanten Erscheinungen nebst der Erörterung ihrer Ursachen und des inneren Zusammenhanges derselben mit den Organismen gehören in die Physiologie[1]. *M.*

Auzometer.

Auxometer; *Auxometrum*; Auxomètre; (von *αὔξω* ich vermehre, und *μέτρον*, das Mafs). Ein Instrument, womit sich die Vergröfserung eines Fernrohrs messen läfst. Andere haben die zu eben diesem Zwecke dienenden Werkzeuge auch Dynamometer (von *δύναμις* die Kraft) genannt.

Ein bekanntes Mittel, um die Vergröfserung eines Fernrohrs zu bestimmen, ist, dafs man das im Fernrohr gesehene Bild mit dem vermittelst des bloßen Auges gesehenen vergleicht. Richtet man zum Beispiel das Fernrohr auf ein nicht allzu entferntes Ziegeldach, und sieht mit dem einen Auge durch das Fernrohr, mit dem andern Auge frei auf die Dachziegel, so scheinen die mit beiden Augen gesehenen Erscheinungen vor einander zu schweben, und man kann es leicht dahin bringen, dafs die Reihe der mit bloßem Auge gesehenen Ziegel sich auf dieselbe vergröfsert erscheinende Reihe legt; findet man nun so, dafs z. B. 4 Ziegel im Fernrohr 80 Ziegel der vom bloßen Auge gesehenen Reihe

1 Vergl. Treviranus Biologie. V. 185 ff.

Digitized by Google

decken, so vergrösert das Fernrohr 20mal oder zeigt die Gegenstände im Durchmesser 20mal so gros. Wer nicht mit beiden Augen gleich gut sieht, wird dies Mittel wenigstens so anwenden können, dafs er die ganze Länge eines Dachfirstes mit dem blofsen Auge geschen mit der Zahl von Ziegeln vergleicht, die im Fernrohr dem ganzen mit blofsem Auge geschenen First gleich erscheinen, und dann kann man nachher mit Hülfe des Fernrohrs die ganze Reihe Ziegel auf dem Firste durchzählen.

Auf ganz ähnliche Weise kann man die von Schröter[1] angegebene Projectionsmaschine anwenden, um die Vergrösserung zu bestimmen. Kennt man nämlich den scheinbaren Durchmesser eines Gegenstandes, z. B. der Sonne, mit zureichender Genauigkeit, so hat man nur nöthig zu bemerken, welchen Raum das Bild dieses Gegenstandes, wenn er im Fernrohr gesehen wird, auf der mit blofsem Auge betrachteten und in bekannter Entfernung aufgestellten Projectionsscheibe einnimmt; die Gröfse dieses Bildes giebt durch die Vergleichung mit der bekannten Entfernung der Scheibe die Gröfse des Sehewinkels, unter welchem es erscheint, und wenn man hiermit den Durchmesser vergleicht, wie er ohne Vergrösserung erscheint (den wir als bekannt angenommen haben,) so hat man die Vergrösserung.

Statt dieser Bestimmungen die, (besonders die letzte) fordern, dafs man mit beiden Augen vollkommen gut sehe, hat Adams ein eigenes Instrument zur Bestimmung der Vergrösserung vorgeschlagen[2]. Die Einrichtung desselben gründet sich auf den Satz, dafs die Vergrösserung durch den Quotienten ausgedrückt wird, den man aus dem Durchmesser der Oeffnung des Objectivs b d dividirt durch f g, oder den Durchmesser des hellen Bildes, welches von der Oeffnung des Objectivglases auf dem letzten Augenglase entworfen wird, erhält. Wenn zum Beispiel beim astronomischen Fernrohre die Brennpuncte beider Gläser in n zusammenfallen, so ist die Zahl, welche die Vergrösserung ausdrückt, Fig. 111.

1 Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen. 1 Bd. p. 210.

2 Rozier Journal de Physique 1785. Janv. p. 65.

Digitized by Google

$= \frac{an}{nz}$, welches aber wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke abn, zgn mit $\frac{ba}{gz}$ oder $\frac{bd}{fg}$ einerlei ist. Die Dioptrik lehrt, dafs dieser Quotient immer, auch wenn das Fernrohr mehr als zwei Gläser hat, die Vergröfserung angiebt.

Das Werkzeug selbst besteht nun aus drei kleinen metallenen Röhren, die zusammengeschoben $\frac{1}{2}$ Zoll lang sind, Fig. 112. und 11 Linien im Durchmesser haben. Die erste Röhre a b e n ist in die zweite eingeschoben und hat bei d eine Glaslinse in einiger Entfernung von der Oeffnung C, die zum Hineinsehen bestimmt ist. Die zweite p m o f ist am Ende mit einer durchsichtigen Hornscheibe m o bedeckt, die durch Parallelstriche, in Entfernungen von $\frac{1}{100}$ Zoll getheilt ist. Die äufsere Röhre g s t r ist an beiden Seiten offen, und dient blofs, um der Scheibe m o den gehörigen Abstand zu geben, damit sie das Bild der Oeffnung des Objectivs am Fernrohr an der Stelle, wo man sonst das Auge hält, richtig auffange. Auf eben dieser Röhre ist 1 Zoll in Zehntel, und eines der Zehntel in Hundertel getheilt.

Beim Gebrauche stellt man 1. das Fernrohr so, dafs man den Gegenstand deutlich sehen kann; 2. zieht man die Röhre a b e n so weit aus, dafs man gegen den Himmel die Parallelstriche auf m o durch die Linse d deutlich sieht; 3. man setzt das Auzometer an die Ocularröhre und verschiebt die Röhre g s t r so lange, bis man durch C das durch das Fernrohr auf der Hornscheibe dargestellte Bild deutlich sieht; 4. man zählt, wie viele Parallelstriche jenes Bild einnimmt; 5. man mifst den Durchmesser des Objectivglases in Hundertteln eines Zolles, und dividirt diese Zahl durch die Zahl von Hundertteln, die das Bild einnimmt. Der Quotient ist die verlangte Vergröfserungszahl. Beim galiläischen oder holländischen Fernrohr, wo man wegen des hohlen Augenglases kein eigentliches Bild hat, ist dieses Instrument nicht brauchbar; wohl aber bei Spiegelteleskopen, wenn man es so anbringt, dafs das Bild auf der Hornscheibe recht deutlich erscheint.

Digitized by Google

Ramsden hat ein ganz ähnliches Instrument angegeben, und scheint[1] der erste Erfinder zu seyn. Er gebraucht aber eine andere Vorrichtung, um das kleine Bild, welches bei jenem auf der getheilten Scheibe dargestellt wird, zu messen. Dazu bedient er sich nämlich einer in zwei Hälften zerschnittenen Linse, die daher zwei Bilder darstellt; die eine Hälfte wird dann vermittelst einer Schraube so gestellt, dafs das durch sie hervorgebrachte Bild das durch die andere Hälfte hervorgebrachte berührt; der Abstand beider, so wie er bei dieser Stellung ist, wird durch eine feine Schraube gemessen, und so der Durchmesser des Bildes bestimmt. (Vergl. über diese Messungsart die Artikel *Mikrometer, Heliometer*). *B.*

Axe.

Axis; Axe; *Axis.* Dieses Wort hat eine geometrische und eine mechanische Bedeutung, und kömmt in der Anwendung beider Bedeutungen sehr häufig vor.

Aus der Geometrie ist nämlich bekannt, dafs man unter Axe eines auf der Kugel gezeichneten Kreises die Linie versteht, die, gegen die Ebene dieses Kreises senkrecht, durch den Mittelpunct die Kugel gezogen ist. In diesem Sinne haben also alle auf die Kugel gezeichneten Kreise ihre Axen, und die Axe ist eine und dieselbe für mehrere Parallelkreise. Eine andere geometrische Bedeutung des Wortes Axe kömmt bei krummen Linien vor, wo es die gerade Linie bezeichnet, gegen welche die Curve symmetrisch ist. Zieht man gegen eine solche Axe senkrechte Linien, so treffen diese die Curve an beiden Seiten in gleichen Entfernungen. Daher hat die Parabel eine Axe; die Ellipse und Hyperbel haben zwei auf einander senkrechte Axen, in deren einer die beiden Brennpuncte liegen. Da die Planetenbahnen Ellipsen sind, so haben auch sie Axen, und zwar stimmt ihre grofse Axe mit der Apsidenlinie überein.

An diese Bedeutung schliefst sich die Bedeutung des Wortes Axe bei runden Körpern an. Giebt es nämlich für einen durch eine krumme Fläche begrenzten Körper, eine

1 Nach Brewsters Edinb. Philos. Journal Nr. XV. p. 183.

Digitized by Google

gerade Linie, die so beschaffen ist, dafs alle durch sie gelegte Ebenen mit der Oberfläche Durchschnittslinien bilden, deren Axe jene gerade Linie ist, so heifst diese Linie auch die Axe der Oberfläche oder die Axe des Körpers. Bei den runden Körpern sind alle Querschnitte, deren Ebene durch die Axe geht, ganz gleich, und daher sind alle Querschnitte, deren Ebenen senkrecht auf die Axe stehen, Kreise. In diesem Sinne hat der Cylinder, der Kegel, das Sphäroid eine Axe.

Die Axe eines Linsenglases ist die durch die Mittelpuncte beider Kugelflächen gehende Linie, oder wenn eine Seite eben ist, die durch den Mittelpunct der andern senkrecht auf jene gesetzte Linie. Die Axe eines Hohlspiegels oder erhabnen Spiegels ist diejenige gerade Linie, welche, wenn man Ebenen durch sie legt, lauter gleiche Durchschnittslinien der Ebenen mit dem Spiegel giebt. Die Axe eines Fernrohrs fällt mit der Axe aller Gläser zusammen. Die Axe des Auges geht durch die Mitte der Pupille und des Krystalles. Was man unter Axen der krystallisirten Körper, besonders in Beziehung auf die doppelte Strahlenbrechung versteht, kömmt unter *Brechung, doppelte* vor.

Im mechanischen Sinne ist die Axe eine Umdrehungsaxe (axis gyrationis), das ist diejenige Linie, welche ruhend bleibt, während jeder andere Punct des Körpers sich um sie herum bewegt. Daher sagt man auch, ein runder Körper entstehe, wenn eine Figur, die eine Axe hat, um diese Axe gedreht wird.

Die *Erdaxe* ist diejenige Linie, um welche die Erde sich dreht, während die Axe selbst immer dieselbe Richtung behält. Die *Weltaxe* heifst die durch die Himmelskugel gezogene gerade Linie, die von einem Pole zum andern geht, und welche uns also zu ruhen scheint, während die scheinbare Himmelskugel sich um sie bewegt. Die Axe eines Rades ist die durch den Mittelpunct gegen die Ebene des Rades senkrechte Linie; statt dessen nennt man aber auch den dünnen Cylinder, dessen Axe senkrecht gegen des Rades Ebene durch den Mittelpunct desselben geht, *die Axe des Rades*, um welche sich das Rad beim Gebrauche dreht. Eine *freie Axe* oder Hauptaxe, axis gyrationis liber, axis prin-

Digitized by Google

cipalis heifst diejenige, um welche sich ein Körper drehen kann, ohne dafs die durch die Bewegung hervorgebrachten Schwungkräfte eine Aenderung in der Lage der Axe selbst zu bewirken streben. Bei einer homogenen Kugel ist jeder Durchmesser eine solche Axe; bei runden, durchaus gleichartigen Körpern ist die Axe der krummen Oberfläche auch eine solche freie Axe; bei andern Körpern giebt es wenigstens allemal drei auf einander senkrechte, durch den Schwerpunct gehende Linien, die geschickt sind, freie Axen des Körpers darzustellen. *B.*

Axendrehung.

Rotatio s. gyratio circa axim; Rotation autour d'un axe; *Rotation or rotatory motion*; ist die Bewegung eines Körpers, wobei jedes einzelne Theilchen einen Kreis um eine innerhalb des Körpers liegende gerade Linie beschreibt, die dann die Axe heifst. Diese Axe kann selbst eine Bewegung haben, während die relative Bewegung aller Theilchen des Körpers gegen sie darin besteht, dafs jedes einen Kreis um einen in der Axe liegenden Punct durchläuft. Um die Gesetze dieser Axendrehung dem Wesentlichen nach zu übersehen, wollen wir zuerst annehmen, die Axe werde festgehalten und der Körper selbst sey fest und von unveränderlicher Gestalt. In diesem Falle dauert, wenn keine fremden Kräfte einwirken, die einmal erlangte Geschwindigkeit jedes Theilchens unverändert fort, oder der Körper dreht sich mit unveränderter Winkelgeschwindigkeit um diese Axe. Jedes Theilchen aber erhält, vermöge der Schwungkraft, ein Bestreben, sich von der Axe zu entfernen, und da es fest mit der Axe verbunden ist, so leidet die Axe, vermöge dieser Schwungkraft einen Druck. Stellt man sich den ganzen Körper in Schichten senkrecht auf die Axe zerschnitten vor, so läfst sich zeigen, dafs der gesammte Druck, den eine ganze Schicht vermöge der Schwungkraft auf den in ihr liegenden Punct der Axe ausübt, eben so grofs ist, als er seyn würde, wenn die Masse der Schichte im Schwerpuncte der Schicht vereiniget wäre, und dieser mit eben der Winkelgeschwindigkeit um die Axe herum geführt würde. Geht also die Axe durch den Schwerpunct der

Digitized by Google

Schicht, so heben die Schwungkräfte sich ganz auf und die Axe leidet gar keinen Druck. Soll dieses für den ganzen Körper statt finden, so mufs die Axe durch die sämmtlichen Schwerpuncte aller einzelnen Schichten gehn, und wo das nicht der Fall ist, da leidet die Axe einen Druck, der, wenn sie nicht festgehalten würde, sie selbst in Bewegung setzen würde. Liegen die Schwerpuncte alle in einer einzigen durch die Axe gelegten Ebene, so läfst sich (den einzigen Fall ausgenommen, wo die Summe der Kräfte nach der einen Seite eben so grofs als die Summe der Kräfte nach der andern Seite ist, und die mittlere Richtung jener nicht mit der mittleren Richtung dieser in eine einzige gerade Linie fällt,) ein einziger Punct angeben, in welchem die Axe festgehalten werden müfste, um völlig zu ruhen; auch in andern Fällen lassen sich oft die Schwungkräfte auf eine einzige zurückführen; ist aber dieses nicht der Fall, so mufs die Axe in zwei Puncten fest gehalten werden, und die Gröfse der erforderlichen Kräfte läfst sich aus den in jeder einzelnen Schicht wirkenden Schwungkräften bestimmen[1].

Wenn die Schwungkräfte so ausfallen, dafs sie sich alle in eine einzige Mittelkraft vereinigen lassen, oder dafs es nur nöthig ist, einen einzigen Punct der Axe fest zu halten, so wird freilich, wenn dieser Punct frei gelassen wird, die Axe nicht mehr ruhen; aber während die Axe parallel mit sich selbst fortrückt, wird der Körper sich um die Axe ebenso drehen, wie er es um die ruhende, fest gehaltene Axe that. Die Axe heifst alsdann eine *freie Axe* oder eine *Hauptaxe* des Körpers, und eine genauere Untersuchung zeigt, dafs sich durch jeden Punct eines Körpers drei auf einander senkrechte Linien angeben lassen, die als solche freie Axe dienen könnten, dafs aber (seltne Ausnahmen abgerechnet) es auch nur ein einziges solches System dreier Axen für jeden Punct des Körpers giebt[2]. Für den Schwerpunct giebt es nun ebenfalls drei solche auf einander senkrechte Hauptaxen,

---

1 Diese Unters. sind in Brandes Lehrbuch der Gesetze des Gleichgew. u. d. Bewegung fester und flüssiger Körper 2 Th. 14ter Absch. erläutert.

2 Poisson traité de mécanique. Tom. 2. p. 102. 158. 174. und leichtere Beispiele in Brandes Lehrbuch der Ges. der Beweg. 2 Th. S. 210.

Digitized by Google

und bei diesen ist die auf die Axe ausgeübte Gewalt = 0, das heifst, wenn der Körper um eine durch den Schwerpunct gehende Hauptaxe sich dreht, so bedarf es gar keiner Kraft, um die Axe zu halten, (vorausgesetzt, dafs nicht noch andere Kräfte aufser den Schwungkräften auf den Körper wirken), sondern die Drehung geht ungestört, und bei ruhender Axe fort, auch wenn diese völlig frei ist. Unter den drei durch den Schwerpunct gehenden Hauptaxen zeichnet eine sich dadurch aus, dafs in Beziehung auf sie das Moment der Trägheit gröfser ist, als in Beziehung auf jede andere durch den Schwerpunct gehende Axe; für die zweite ist das gegen das Moment der Trägheit kleiner als für irgend eine andere Axe; für die dritte ist zwar das Moment der Trägheit nicht so ein Gröfstes oder Kleinstes, sondern es fällt zwischen jene beiden; aber wenn man eine Ebene durch die erste und dritte Axe legt, so ist das Trägheitsmoment in Beziehung auf diese dritte Axe kleiner als in Beziehung auf irgend eine andere in der angeführten Ebene liegende und durch den Schwerpunct gehende Axe; und wenn man eine Ebene durch die zweite und dritte Hauptaxe legt, so ist das Moment der Trägheit in Beziehung auf die dritte Axe gröfser als in Beziehung auf irgend eine andere in eben der Ebene liegende und durch den Schwerpunct gehende Axe.

Wenn man den Körper in eine Rotationsbewegung setzt, um eine Axe, die einen sehr kleinen Winkel mit einer der Hauptaxen einschliefst, so ist die Bewegung für einen ganz freien Körper verschieden, je nachdem die Drehungsaxe entweder mit der Hauptaxe, welcher das gröfste oder kleinste Trägheitsmoment zugehört, oder mit der dritten Hauptaxe, nahe zusammenfällt. Ist die Umdrehungsaxe gegen eine *jener* beiden Hauptaxen unter einem sehr kleinen Winkel geneigt, so wird zwar die Drehung nicht fortwährend um die Axe statt finden, um welche man den Körper zuerst in drehende Bewegung setzte; aber wenn gleich die Drehungsaxe in jedem Augenblick eine andre wird, so entfernt sie sich doch immer nur sehr wenig von jener Hauptaxe. Ist es dagegen die dritte Hauptaxe, mit welcher im Anfange der Bewegung die Umdrehungsaxe nur einen kleinen Winkel macht, so ändert sich im Fortgange der Zeit die Drehungsaxe im Körper

Digitized by Google

so, dafs sie nach und nach sich sehr weit von jener Hauptaxe entfernen kann. Obgleich also um alle drei durch den Schwerpunct gehende Hauptaxen die Drehung stattfindet, ohne dafs es nöthig ist, die Axe fest zu halten, so ist der Zustand doch nur dann ein stabiler, sicherer, nur kleinen Schwankungen unterworfener Zustand der Drehung, wenn der Körper sich entweder um die Axe dreht, in Beziehung, auf welche das Moment der Trägheit ein Gröfstes, oder in Beziehung, auf welche es ein Kleinstes ist. In diesem Falle nämlich kann eine kleine fremde Einwirkung auf die Bewegung wohl die Folge haben, dafs die Drehung um eine wenig von der Hauptaxe verschiedene Axe statt findet, aber die Drehungsaxe wird sich nie erheblich von jener Hauptaxe entfernen, wenn, wie wir angenommen haben, jene fremde Einwirkung nur geringe ist. Dreht sich dagegen der Körper um jene dritte Axe, so dauert diese Drehung zwar so lange regelmäfsig fort, als die Drehungsaxe ganz genau mit der Hauptaxe zusammenfällt, sobald sie aber im geringsten von derselben abweicht, so wird die Abweichung immer gröfser, und es findet keineswegs so wie in den vorigen Fällen ein Bestreben, zu jener Axe zurückzukehren, statt.

Aus dieser Betrachtung, wo wir nach und nach andre im Innern des Körpers gezogene gerade Linien als Umdrehungsaxen fanden, läfst sich nun auch übersehen, was man unter einer *augenblicklichen Drehungsaxe* (axe instantané) versteht, nämlich diejenige, um welche während eines sehr kleinen Zeittheilchens die einzelnen Puncte des Körpers Kreisbogen durchlaufen, die aber diese Eigenschaft Drehungsaxe zu seyn, nur einen Augenblick behält, indem im nächsten schon die Drehung um eine andere Axe erfolgt[1].

B.

1 Vollständigere Untersuchungen über diesen Gegenstand findet man in Poisson traité de mécanique. Livre 3; Lagrange mécanique analytique; Laplace mécanique céleste Livre 5; und Mém. sur quelques nouv. propriétés des axes permanens de rotation des corps par Ampère. Paris. 1824.

Digitized by Google

Azimuth.

Azimuth; Azimuth; *Azimuth*[1]. Das Azimuth eines Sternes ist der Bogen des Horizontes, welcher zwischen dem Meridian und dem Scheitelkreise des Sterns liegt. Der Winkel, welchen der durch den Stern und das Zenith gehende Scheitelkreis mit dem Meridian macht, wird also dadurch abgemessen. Das Azimuth ist östlich (orientale) oder westlich (occidentale), je nachdem ein Stern östlich oder westlich vom Meridian steht; im südlichen Meridian ist das Azimuth $= 0$.

Durch Azimuth und Höhe ist die Lage eines Gestirns völlig bestimmt, daher pflegt man bei den Instrumenten, welche die Höhe angeben, zugleich einen horizontalen Kreis anzubringen, auf welchem das Azimuth abgelesen wird, wenn der Nullpunct des Kreises dem südlichen Meridian entspricht.

Man findet das Azimuth eines Sternes, wenn man die Polhöhe des Beobachtungsortes $HP = \varphi$, des Sternes Abweichung $ST = \delta$ und den Stundenwinkel $SPA = \varsigma$ desselben kennt, indem dann für das Azimuth AZS Cotang. Azimuth $= \frac{\text{Sin. } \varphi \text{ Cos. } \varsigma - \text{Tang. } \delta \text{ Cos. } \varphi}{\text{Sin. } \varsigma}$ ist. Durch die Höhe h ausgedrückt ist auch Cos. Azimuth $= \frac{\text{Sin. } \varphi \text{ Sin. h} - \text{Sin. } \delta}{\text{Cos. } \varphi . \text{ Cos. h}}$, und folglich, wenn $h = 0$ oder der Stern im Horizonte ist, Cos. des Azimuths $= -\frac{\text{Sin. } \delta}{\text{Cos. } \varphi}$ eine Formel, die zugleich die für die Abendweite gefundene[2] enthält. Will man das Azimuth des auf- oder untergehenden Gestirns mit Rücksicht auf die Strahlenbrechung finden, so müfste man h nicht $= 0$, sondern der Horizontalrefraction negativ genommen gleich setzen, so dafs wenn diese $= \Delta h$ gesetzt wird, man genau genug für den Auf- oder Untergang Cos. Azimuth $= -\frac{\text{Sin. } \delta}{\text{Cos. } \varphi} - \text{Tang. } \varphi . \Delta h - \frac{\text{Sin. } \delta}{2 \text{Cos. } \varphi} (\Delta h)^2$ hätte; —

---

1 Ein arabisches Wort, das von einem Worte, welches „Himmelsgegend" bedeutet, abstammen soll. Montucla hist. des math. I. 371.

2 Vergl. *Abendweite.*

Digitized by Google

eine Formel, die immer genau genug ist, wenn nicht etwa der Stern beim Aufgange und Untergange sehr nahe am Meridian ist; in diesem Falle nämlich gehören mit geringen Aenderungen des Cosinus grofse Aenderungen des Winkels zusammen, die durch jene nicht hinreichend genau bestimmt werden.

Wenn man die Beobachtung der aufgehenden oder untergehenden Sonne anwenden will, um die Abweichung der Magnetnadel zu bestimmen, oder um das Azimuth irdischer Gegenstände anzugeben[1], so mufs man auf diese aus der Strahlenbrechung entstehende Aenderung des Azimuths Rücksicht nehmen. Wenn man die Horizontalrefraction auf 32′ setzt, so beträgt in 50° geogr. Breite diese Aenderung für die Sonne um die Nachtgleiche etwa 38 Minuten, um den längsten Tag ungefähr 50 Minuten, und um den kürzesten Tag fast eben so viel, da das von Δh^2 abhängende Glied, welches dann positiv ist, kaum in Betrachtung kömmt. In höhern Breiten beträgt es viel mehr: zum Beispiel in 80 Gr. Breite wird das Azimuth der untergehenden im Aequator stehenden Sonne 3 Grad geändert, wenn man die Horizontalrefraction auf 32 Minuten, und nahe an 5 Grad, wenn man die Horizontalrefraction in jenen nördlichen Gegenden auf 50 Min. setzt.

Ein Beispiel, wie man das genau berechnete Azimuth der untergehenden Sonne anwenden kann, um entfernte Berge, die sonst in den Dünsten am Horizont unsichtbar sind, zu sehen, giebt von Zach[2]. Um den Canigou in den Pyrenäen, von Marseille aus oder vielmehr von dem Berge de Notre Dame de la Garde bei Marseille zu sehen, berechnete er die Richtung der Gesichtslinie und wählte, um den Berg zu sehen, den Tag, wo er sich in oder sehr nahe bei der untergehenden Sonne zeigen mufste. Als die Sonne noch über dem Horizonte stand, sah man nichts von dem Berge, aber in demselben Augenblicke als sie ganz untergegangen war, sah man die ganze Bergreihe, ganz schwarz mit überraschender Deutlichkeit in der Abendröthe vor sich. *B.*

---

1 Wovon man in von Zach correspond. astronomique Vol. V. 506 Beispiele findet.

2 Correspond. astronomique. I. 413.

BAYERISCHE STAATS-BIBLIOTHEK

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google